

**TUGAS AKHIR - IS184853**

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN  
PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI  
KASUS: HYSEED FARM)**

***THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF  
PRODUCTIVITY IMPROVEMENT HYDROPONIC  
AGRICULTURE (CASE STUDY: HYSEED FARM)***

MASDENDI WIRATA  
NRP. 0521 1440 000 159

Dosen Pembimbing  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

**TUGAS AKHIR - IS184853**

**PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN  
PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI KASUS:  
HYSEED FARM)**

**MASDENDI WIRATA  
NRP. 0521 1440 000 159**

**Dosen Pembimbing  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

**UNDERGRADUATE THESIS - IS184853**

***THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF  
PRODUCTIVITY IMPROVEMENT HYDROPONIC  
AGRICULTURE (CASE STUDY: HYSEED FARM)***

**MASDENDI WIRATA**

**NRP. 0521 1440 000 159**

**Supervisor**

**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D**

**INFORMATION SYSTEMS DEPARTMENT**

**Faculty of Information and Communication Technology**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI KASUS: HYSEED FARM)

#### TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
Pada

Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

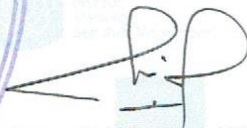
**MASDENDI WIRATA**

**NRP. 0521 1440 000 159**

Surabaya,    Desember 2018

**KEPALA  
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**



  
**Mahendrawati ER, S.T, M.Sc, Ph.D**  
**NIP. 197610112006042001**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI KASUS: HYSEED FARM)

#### TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
Pada

Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MASDENDI WIRATA**

NRP. 0521 1440 000 159

Disetujui Tim Penguji: Tanggal Ujian : Januari 2018  
Periode Wisuda : Maret 2018

**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D**

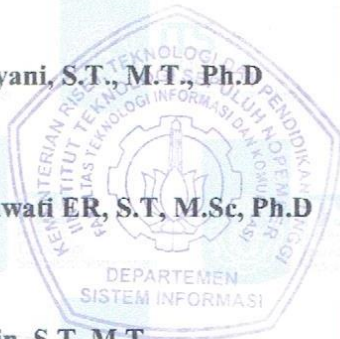
(Pembimbing I)

**Mahendrawati ER, S.T., M.Sc, Ph.D**

(Penguji I)

**Mudjahidin, S.T, M.T**

(Penguji II)



# **PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI KASUS: HYSEED FARM)**

**Nama Mahasiswa** : Masdendi Wirata  
**NRP** : 0521 1440 000 159  
**Departemen** : Sistem Informasi FTIK - ITS  
**Pembimbing 1** : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D

## **ABSTRAK**

*Permintaan akan komoditas hortikultura terutama sayuran terus meningkat seiring dengan meningkatnya kesejahteraan dan jumlah penduduk. Salah satu cara untuk menghasilkan produk sayuran yang berkualitas tinggi secara kontinyu dengan kuantitas yang tinggi adalah dengan budidaya sistem hidroponik. Sistem hidroponik dapat memberikan suatu lingkungan pertumbuhan yang lebih terkontrol. Dengan pengembangan teknologi, penggunaan membran pada sistem hidroponik mampu mendayagunakan air, nutrisi, pestisida secara nyata lebih efisien dibandingkan dengan kultur tanah (terutama untuk tanaman berumur pendek). Sistem hidroponik dapat diterapkan pada musim apapun dan tidak memerlukan lahan yang luas, yang menjadikan kelemahan pada kultur tanah untuk menghasilkan satuan produktivitas yang sama.*

*Sayuran merupakan salah satu komoditi hortikultura yang memiliki prospek dan nilai komersial yang cukup baik. Semakin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia serta meningkatnya kesadaran penduduk akan kebutuhan gizi menyebabkan bertambahnya permintaan akan sayuran. Tidak hanya kuantitas, akan tetapi permintaan terhadap kualitas sayuran juga meningkat. Hal ini membuka peluang pasar terhadap peningkatan produksi sayuran, baik secara kuantitas maupun*

*kualitas. Namun di lain pihak, pengembangan komoditas sayuran secara kuantitas dan kualitas dihadapkan pada semakin sempitnya lahan pertanian yang subur, terutama di Pulau Jawa.*

*Metode yang digunakan untuk pengembangan dan pengoptimalan ketersediaan lahan adalah dengan menggunakan pemodelan dan simulasi sistem dinamik. Berdasarkan hasil dari beberapa skenario pengembangan, didapatkan hasil bahwa skenario yang paling optimal untuk dapat meningkatkan produktivitas sayuran dan hasil panen sayur adalah penerapan media tanam dan paranet secara bersamaan (skenario gabungan).*

*Skenario gabungan dapat meningkatkan pertumbuhan daun sayuran yang cukup signifikan dan juga sekaligus dapat mengurangi gangguan sayuran dari luar yang dapat menyerang tanaman. Untuk nilai rata-rata produktivitas masing-masing sayuran yaitu samhong 284.02 gram/titik, kangkung 261.29 gram/titik, pakcoy 306.21 gram/titik, serta untuk rata-rata hasil panen sayur yaitu samhong 35.5 Kg, kangkung 26.12 Kg dan pakcoy 30.62 Kg.*

***Kata Kunci: Agrikultur, Hidroponik, Model, Simulasi, Sistem Dinamik***

# **THE DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF PRODUCTIVITY IMPROVEMENT HYDROPONIC AGRICULTURE (CASE STUDY: HYSEED FARM)**

**Student Name** : Masdendi Wirata  
**NRP** : 0521 1440 000 159  
**Department** : Sistem Informasi FTIK - ITS  
**Supervisor 1** : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D

## **ABSTRACT**

*Demanding of horticulture commodities, especially vegetables, continues to increase along with the increasing welfare and population. One of the ways to produce high-quality vegetable continuously with high quantity is hydroponic cultivation system. Hydroponic systems can provide an environment with more controlled growth. With technology development, using membrane in hydroponic system will make it able to utilize water, nutrients, pesticides efficiently more than soil culture (especially for short-lived plants). Hydroponic system can be applied in any season and does not require large land, that being weakness in soil culture to produce the same productivity unit.*

*Vegetables are one of the horticultural commodities that has good prospects and commercial value. The growth of Indonesia population as well as the awareness of the people on nutritional needs lead to the increasing of vegetable demand. Not only quantity, but demand for vegetable quality also increases. This opens up market opportunities for increasing vegetable production, both in quantity and quality. But on the other hand, the development of vegetable commodities in quantity and quality is faced by the narrowing of fertile agricultural land, especially on Java island.*



*The method that used for developing and optimizing land availability is using the modeling and dynamic system simulation. Based on the result of several development scenarios, it was found that the most optimal scenario to increase the productivity of vegetables and it's corps is planting media and paranet applied simultaneously (combined scenrio).*

*The combined scenario can significantly growing up vegetable leaf and also simultaneously reducing the interference of vegetables from outside which can attack plants. The average productivity value of each vegetables that is samhong 284.02 gram/point, kale 261.29 gram/point, pak choi 306.21 gram/point, and for the average vegetable yields that is samhong 35.5 Kg, kale 26.12 Kg and pak choi 30.62 Kg.*

**Keyword: Agriculture, Hydroponic, Model, Simulation, Dynamic System**

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN HIDROPONIK (STUDI KASUS: HYSEED FARM)”** sebagai salah satu hal yang menjadi syarat kelulusan dari Program Sarjana Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan, bantuan, serta saran dan masukan dan tidak lupa pula dukungan dari banyak pihak. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada beberapa pihak, diantaranya:

1. Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini akhirnya.
2. Shalawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW, yang telah memberikan suri tauladan bagi kita semua.
3. Ibu Mahendrawati, selaku Ketua Departemen Sistem Informasi dan juga sekaligus sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan terhadap pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Erma Suryani, selaku dosen pembimbing yang telah rela meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, motivasi, dan ilmu kepada penulis selama proses pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Rully Agus Hendrawan, Selaku Dosen Wali yang telah memberikan motivasi bagi penulis dengan mengadakan perwalian pada setiap semester selama perkuliahan.

6. Ibu Sri selaku narasumber dari pihak Pertanian Hidroponik yang telah memberikan waktu dan kesempatan untuk konsultasi dan diskusi terkait pengerjaan tugas akhir.
7. Kedua orang tua penulis serta seluruh anggota keluarga yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta motivasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
8. Teman-teman seperjuangan Lab Sistem Enterprise (SE), yang selalu berjuang bersama dan saling menyemangati selama pengerjaan tugas akhir.
9. Seluruh teman-teman OSIRIS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
10. Kepada diri sendiri yang telah berjuang selama mengerjakan tugas akhir, ruang dan waktu yang menyertai penulis selama mengerjakan tugas akhir, dan kamu, siapapun kamu yang telah berjuang bersama, berbagi cerita, dan saling mendoakan saat penulis berjuang mengerjakan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir tidak akan pernah sempurna dan pasti memiliki kekurangan baik dalam penulisan maupun hasil akhir. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan untuk penelitian kedepannya. Terakhir semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5. Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6. Relevansi Tugas Akhir .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Dasar Teori .....	7
2.2.1. Hyseed Farm.....	7
2.2.2. Hidropnik.....	8
2.2.3. Konsumsi Sayur Masyarakat .....	9
2.2.5. Sistem Dinamik .....	13
2.2.6. Causal Loop Diagrams .....	14
2.2.7. Stock Flow Diagram.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Diagram Metodologi.....	17
3.2. Uraian Metodologi.....	18
3.2.1. Identifikasi Pertanian Hidroponik.....	18
3.2.2. Tinjauan Pustaka.....	18
3.2.3. Pengumpulan Data .....	18
3.2.4. Pengolahan Data .....	19
3.2.5. Pemodelan dan Simulasi Sistem .....	19
3.2.6. Verifikasi dan Validasi .....	20
3.2.7. Penyusunan Skenario.....	20
3.2.8. Analisis Hasil.....	21

3.2.9. Kesimpulan dan Saran.....	21
3.3 Rangkuman Metodologi .....	21
<b>BAB IV PERANCANGAN MODEL .....</b>	<b>23</b>
4.1. Kebutuhan Data .....	23
4.1.1. Air .....	23
4.1.2. Lahan.....	24
4.1.3. Pekerja.....	24
4.1.4. Bibit.....	24
4.1.5. Kebutuhan Cahaya .....	24
4.1.6. Kelembaban.....	24
4.1.7. Suhu .....	24
4.1.8. Nutrisi.....	25
4.1.9. Gangguan Tanaman .....	26
4.1.10. Hasil Panen .....	26
4.1.11. Produktivitas Lahan .....	27
4.2. Pengolahan Data .....	28
4.3. Model Diagram Kausatik.....	29
4.4. Model Diagram Alir.....	31
4.4.1. Sub Model Samhong.....	32
4.4.2. Sub Model Kangkung .....	35
4.4.3. Sub Model Pakcoy .....	38
4.4.4. Sub Model Hasil Panen.....	41
4.5. Verifikasi Model .....	44
4.6. Validasi Model.....	45
4.6.1. Validasi Sub Model Samhong.....	46
4.6.2. Validasi Sub Model Kangkung .....	48
4.6.3. Validasi Sub Model Pakcoy .....	50
4.6.4. Validasi Sub Model Hasil Panen.....	52
<b>BAB V PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS-</b>	
<b>HASIL .....</b>	<b>59</b>
5.1. Pengembangan Skenario .....	59
5.2. Skenario Struktur.....	60
5.2.1. Skenario Media Tanam .....	60
5.2.2. Skenario Paranet .....	67
5.2.3. Skenario Gabungan Media Tanam dan-	
Paranet .....	72
5.3. Analisis Hasil Skenario .....	78

5.3.1. Analisis Produktivitas Samhong.....	79
5.3.2. Analisis Produktivitas Kangkung .....	81
5.3.3. Analisis Produktivitas Pakcoy .....	83
5.3.4. Analisis Hasil Panen Sayur.....	85
BAB VI PENUTUP .....	91
6.1. Kesimpulan .....	91
6.2. Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN.....	97
Lampiran A - Data Hasil Simulasi Basemodel .....	97
Lampiran B - Data Hasil Simulasi Skenario .....	99
BIODATA PENULIS .....	105

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Persentase Konsumsi Sayur.....	10
Gambar 2.2 Tahapan Model dan Simulasi .....	12
Gambar 2.3 System Dynamics Model.....	13
Gambar 2.4 CLD Pertanian Perkotaan .....	15
Gambar 2.5 Stock and Flow Diagram Notation .....	15
Gambar 3.1 Tahap Pengerjaan Tugas Akhir .....	17
Gambar 4.1 Diagram Kausatik Sayuran.....	29
Gambar 4.2 Diagram Flow Samhong.....	32
Gambar 4.3 Grafik Produktivitas Samhong .....	33
Gambar 4.4 Diagram Flow Kangkung .....	35
Gambar 4.5 Grafik Produktivitas Kangkung.....	36
Gambar 4.6 Diagram Flow Pakcoy .....	38
Gambar 4.7 Produktivitas Pakcoy .....	39
Gambar 4.8 Diagram Flow Hasil Panen Sayur .....	41
Gambar 4.9 Grafik Hasil Panen Samhong .....	43
Gambar 4.10 Grafik Hasil Panen Kangkung.....	43
Gambar 4.11 Grafik Hasil Panen Pakcoy.....	44
Gambar 4.12 Pop-up Check Model.....	45
Gambar 4.13 Pop-up Units Check.....	45
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Produktivitas Samhong ..	48
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Produktivitas Kangkung.	50
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Produktivitas Pakcoy.....	52
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Panen Samhong .....	54
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Panen Kangkung .....	56
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Panen Pakcoy .....	58
Gambar 5.1 Bagan Pengembangan Skenario .....	59
Gambar 5.2 Bentuk instalalasi DFT dan NFT.....	61
Gambar 5.3 Skenario Media Tanam Samhong .....	62
Gambar 5.4 Grafik Media Tanam Samhong .....	63
Gambar 5.5 Skenario Media Tanam Kangkung .....	64
Gambar 5.6 Grafik Media Tanam Kangkung.....	65
Gambar 5.7 Skenario Media Tanam Pakcoy.....	65
Gambar 5.8 Grafik Media Tanam Pakcoy.....	66
Gambar 5.9 Skenario Paranet Samhong.....	67
Gambar 5.10 Grafik Paranet Samhong .....	68



Gambar 5.11 Skenario Paranet Kangkung .....	69
Gambar 5.12 Grafik Paranet Kangkung .....	70
Gambar 5.13 Skenario Paranet Pakcoy .....	71
Gambar 5.14 Grafik Paranet Pakcoy .....	72
Gambar 5.15 Skenario Gabungan Samhong.....	73
Gambar 5.16 Grafik Gabungan Samhong .....	74
Gambar 5.17 Skenario Gabungan Kangkung .....	74
Gambar 5.18 Grafik Gabungan Kangkung.....	76
Gambar 5.19 Skenario Gabungan Pakcoy .....	76
Gambar 5.20 Grafik Gabungan Pakcoy.....	78
Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Produktivitas Samhong...	79
Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Produktivitas Kangkung .	81
Gambar 5.23 Grafik Perbandingan Produktivitas Pakcoy .....	83
Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Hasil Panen Sayur .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
Tabel 2.2 Konsumsi Sayur Perorang Seminggu .....	10
Tabel 3.1 Rangkuman Metodologi .....	21
Tabel 4.1 Nilai pH, EC dan Nutrisi Beberapa Sayuran .....	25
Tabel 4.2 Hasil Panen Samhong, Kangkung dan Pakcoy .....	26
Tabel 4.3 Produktivitas Samhong, Kangkung dan Pakcoy .....	27
Tabel 4.4 Pengaruh Variabel berdasarkan Regresi .....	32
Tabel 4.5 Formulasi Sub Model Samhong .....	34
Tabel 4.6 Formulasi Sub Model Kangkung .....	36
Tabel 4.7 Formulasi Sub Model Pakcoy .....	39
Tabel 4.8 Formulasi Hasil Panen Sayur .....	41
Tabel 4.9 Perbandingan Produktivitas Samhong .....	46
Tabel 4.10 Perbandingan Produktivitas Kangkung .....	49
Tabel 4.11 Perbandingan Produktivitas Pakcoy .....	51
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Panen Samhong .....	53
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Panen Kangkung .....	55
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Panen Pakcoy .....	57
Tabel 5.1 Formulasi Skenario 1 Samhong .....	62
Tabel 5.2 Formulasi Skenario 1 Kangkung .....	64
Tabel 5.3 Formulasi Skenario 1 Pakcoy .....	66
Tabel 5.4 Formulasi Paranet Samhong .....	68
Tabel 5.5 Formulasi Paranet Kangkung .....	69
Tabel 5.6 Formulasi Paranet Pakcoy .....	71
Tabel 5.7 Formulasi Gabungan Samhong .....	73
Tabel 5.8 Formulasi Gabungan Kangkung .....	75
Tabel 5.9 Formulasi Gabungan Pakcoy .....	77
Tabel 5.10 Perbandingan Skenario Produktivitas Samhong ..	79
Tabel 5.11 Rata-rata Produktivitas Samhong .....	80
Tabel 5.12 Perbandingan Skenario Produktivitas Kangkung ..	81
Tabel 5.13 Rata-rata Produktivitas Kangkung .....	82
Tabel 5.14 Perbandingan Skenario Produktivitas Pakcoy .....	83
Tabel 5.15 Rata-rata Produktivitas Pakcoy .....	84
Tabel 5.16 Perbandingan Hasil Panen Samhong .....	85
Tabel 5.17 Rata-rata Hasil Panen Samhong .....	86
Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Panen KAngkung .....	86

Tabel 5.19 Rata-rata Hasil Panen Kangkung.....	87
Tabel 5.20 Perbandingan Hasil Panen Pakcoy .....	87
Tabel 5.21 Rata-rata Hasil Panen Pakcoy .....	88
Tabel 5.22 Perbandingan Rata-rata Panen Sayur .....	89
Tabel 7.1 Produktivitas Sayur Simulasi .....	97
Tabel 7.2 Hasil Panen Sayur Simulasi.....	98
Tabel 7.3 Produktivitas Samhong Skenario .....	99
Tabel 7.4 Produktivitas Kangkung Skenario .....	99
Tabel 7.5 Produktivitas Pakcoy Skenario.....	100
Tabel 7.6 Hasil Panen Samhong Skenario.....	101
Tabel 7.7 Hasil Panen Kangkung Skenario .....	102
Tabel 7.8 Hasil Panen Pakcoy Skenario.....	102

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini akan menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan relevansi. Berdasarkan uraian pada bab ini diharapkan mampu memberi gambaran umum permasalahan dan pemecahan masalah pada tugas akhir.

### **1.1. Latar Belakang**

Latar belakang tugas akhir ini mengangkat permasalahan semakin berkurangnya lahan pertanian diperkotaan dan juga dengan perkembangan teknologi dalam bidang pertanian semakin tahun semakin pesat, sehingga masyarakat khususnya petani tertinggal dalam memanfaatkan kemajuan teknologi tidak akan memperoleh keuntungan yang maksimal dari kegiatan usaha yang dilakukannya. Salah satu teknologi yang layak disebarluaskan adalah teknologi hidroponik, hal ini dikarenakan semakin langkanya lahan pertanian akibat dari banyaknya sektor industri dan jasa, sehingga kegiatan usaha pertanian konvensional semakin tidak kompetitif karena tingginya harga lahan. Teknologi budidaya pertanian dengan sistem hidroponik diharapkan menjadi salah satu alternatif bagi masyarakat yang mempunyai lahan terbatas atau pekarangan, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber penghasilan yang memadai.

Hidroponik merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan media tanam selain tanah, seperti batu apung, kerikil, pasir, sabut kelapa, potongan kayu atau busa [1]. Hal tersebut dilakukan karena fungsi tanah sebagai pendukung akar tanaman dan perantara larutan nutrisi dapat digantikan dengan mengalirkan atau menambah nutrisi, air dan oksigen melalui media tersebut.

Banyak jenis tanaman yang dapat dikembangkan biakkan dengan cara bercocok tanam sistem hidroponik. Salah satunya yang

sudah mulai banyak dikembangkan yaitu pada komoditas hortikultura. Permintaan akan komoditas hortikultura terutama sayuran terus meningkat seiring dengan meningkatnya kesejahteraan dan jumlah penduduk. Selain kuantitas, permintaan sayuran juga meningkat secara kualitas. Salah satu cara untuk menghasilkan produk sayuran yang berkualitas tinggi secara kontinyu dengan kuantitas yang tinggi adalah dengan budidaya sistem hidroponik. Pengembangan hidroponik di Indonesia cukup prospektif mengingat beberapa hal sebagai berikut, yaitu permintaan pasar sayuran berkualitas yang terus meningkat, kondisi lingkungan/ iklim yang tidak menunjang, kompetisi penggunaan lahan, dan adanya masalah degradasi tanah [2].

Beberapa penelitian terkait upaya peningkatan hasil panen pertanian hidroponik sudah pernah dilakukan, diantaranya “Sistem Hidroponik dengan Nutrisi dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada” dan “Pengaruh Media Tanam dan Nutrisi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakchoi (*Brassica Juncea* L) dengan Sistem Hidroponik”. Namun dari penelitian tersebut belum adanya model untuk menggambarkan kondisi pertanian hidroponik secara nyata pada sebuah model simulasi. Dengan adanya sebuah model dapat menghemat biaya dan juga waktu penelitian yang dilakukan serta dapat berfokus pada karakteristik penting dari penelitian [3].

Tingginya permintaan terhadap sayuran menuntut para petani untuk dapat menghasilkan lebih banyak lagi sayuran untuk setiap harinya. Tentunya untuk mendapat hasil panen yang lebih banyak membutuhkan lahan dan biaya yang juga lebih besar, dengan terbatasnya lahan yang dapat digunakan untuk bercocok tanam, dibutuhkan langkah strategis untuk dapat membantu mengatasi masalah tersebut.

Model yang digunakan adalah pemodelan dan simulasi sistem dinamik, dikarenakan untuk produktivitas pertanian hidroponik dipengaruhi oleh dua faktor yaitu hubungan sebab-akibat yang berpengaruh positif dan negatif. Tiap-tiap faktor yang

berpengaruh pada produktivitas saling mempengaruhi satu sama lain, contohnya temperatur terhadap suhu talang, nutrisi terhadap zat terlarut dalam air, dsb. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan skenario terbaik dari pengembangan model sistem dinamik, demi dapat meningkatkan produktivitas lahan yang ada pada Hyseed Farm, sehingga mampu meningkatkan hasil dan kualitas panen sayuran yang nantinya dapat memperluas pasar dan area distribusi Hyseed Farm.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan diselesaikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan hidroponik?
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi produktivitas pada lahan hidroponik?

## **1.3. Batasan Masalah**

Berdasarkan deskripsi permasalahan yang telah dijelaskan diatas, adapun batasan masalah dari penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data yang didapat langsung dari pihak Hyseed Farm itu sendiri dan beberapa sumber lain.
2. Penelitian yang dilakukan hanya sebatas pemodelan dan simulasi sistem dengan menggunakan metode sistem dinamik.
3. Simulasi peningkatan produktivitas lahan difokuskan pada beberapa tanaman komoditas.

## **1.4. Tujuan Tugas Akhir**

Adapun tujuan pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat model dan simulasi sistem untuk sebuah pertanian hidroponik.

2. Mengembangkan skenario untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan.
3. Mengembangkan skenario untuk dapat meningkatkan hasil panen untuk beberapa tanaman komoditas.

### **1.5. Manfaat Tugas Akhir**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh yang dibedakan menjadi dua belah sudut pandang sebagai berikut:

1. Bagi penulis, memberikan pembelajaran kepada penulis dalam hal pembuatan model dan simulasi yang dapat diterapkan pada kasus nyata.
2. Bagi pihak hidroponik, Mengetahui model dan simulasi yang dapat meningkatkan hasil produktivitas lahan pada pertanian hidroponik.

### **1.6. Relevansi Tugas Akhir**

Laboratorium Sistem Enterprise (SE) Jurusan Sistem Informasi ITS memiliki empat topik utama yaitu *customer relationship management* (CRM), *enterprise resource planning* (ERP), *supply chain management* (SCM) dan *business process management* (BPM) seperti yang terdapat pada Gambar 1. Dalam tugas akhir yang dikerjakan oleh penulis mengambil *supply chain management* (SCM) sebagai topik utama. Mata kuliah yang berkaitan dengan SCM adalah Manajemen Rantai Pasok dan Hubungan Pelanggan (MRPHP) dan juga Simulasi Sistem (SS).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian Tinjauan pustaka berisi referensi yang terbaru, relevan, dan asli. Tinjauan pustaka menguraikan dan menjelaskan seluruh teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam Tugas Akhir. Tinjauan pustaka terdiri dari penjelasan studi-studi sebelumnya dan dasar teori.

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan dan membahas permasalahan terkait dengan hidropnik serta topik permodelan dan simulasi sistem, yang tentunya berhubungan dengan topik yang akan diambil. dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya**

<b>Judul</b>	Sistem Hidroponik dengan Nutrisi dan Media Tanam Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Selada
<b>Nama</b>	Hidayati Mas'ud
<b>Keterkaitan</b>	Penelitian ini memiliki kesamaan dengan studi kasus yang diambil, penelitian dilakukan terhadap tanaman selada yang merupakan salah satu tanaman yang ada pada Hyseed Farm.
<b>Judul</b>	Pemodelan dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi Hybrid (Studi Kasus : PT Kelola Mina Laut)
<b>Nama</b>	Muhammad Alam Pasirulloh



<b>Keterkaitan</b>	Pemodelan dan simulasi ditujukan untuk dapat meningkatkan hasil produksi dan juga pengurangan biaya produksi, hal ini memiliki persamaan dengan tujuan dari tugas akhir ini untuk dapat meningkatkan hasil produksi.
<b>Judul</b>	Model Sistem Dinamik untuk Peningkatan Kinerja UMKM Melalui Pemanfaatan E-Commerce (Studi Kasus: UMKM Kerajinan di Kabupaten Lamongan)
<b>Nama</b>	Agung Firdamansyah dan Erma Suryani
<b>Keterkaitan</b>	Tujuan dari penelitian ini adalah mewujudkan sistem pemasaran yang lebih baik, sehingga mampu meningkatkan pemasaran serta meluaskan pasar produk dengan pemanfaatan e-commerce. Area pemasaran juga menjadi salah satu variabel yang digunakan pada tugas akhir ini.
<b>Judul</b>	Model Sistem Dinamik untuk Pengembangan Smart Economy (Studi Kasus: Kota Surabaya)
<b>Nama</b>	Andre Firmansyah
<b>Keterkaitan</b>	Penelitian juga menggunakan metode yang sama dan juga tools yang digunakan juga sama.

<b>Judul</b>	Analisis Faktor Produktivitas Gula Nasional dan Pengaruhnya Terhadap Harga Gula Domestik dan Permintaan Gula Impor dengan Menggunakan Sistem Dinamik
<b>Nama</b>	Lilis Ernawati dan Erma Suryani
<b>Keterkaitan</b>	Penelitian ini melakukan analisa terhadap permintaan konsumen terhadap gula, hal ini sama dengan salah satu variabel yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu, permintaan.
<b>Judul</b>	Konsumsi Buah Dan Sayur Susenas Maret 2016
<b>Nama</b>	Badan Pusat Statistik
<b>Keterkaitan</b>	Berisi hasil survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Indonesia yang bertujuan untuk melihat konsumsi masyarakat terhadap buah dan sayur, ini juga bisa dijadikan acuan untuk pengerjaan tugas akhir ini untuk melihat daya konsumsi masyarakat terhadap mengonsumsi sayuran.

## 2.2. Dasar Teori

Dasar teori mencatumkan penjelasan konsep-konsep atau teori yang berkaitan dengan penelitian dan juga sekiranya dibutuhkan oleh pembaca untuk lebih memahami tugas akhir ini.

### 2.2.1. Hyseed Farm

Hyseed merupakan suatu platform Agroindustri dibawah naungan CV.Rekayasa Agro Teknologi (RAT) yang bergerak

di bidang EPC-M (Engineering, Procurement, Construction, and Market) yang bertujuan untuk mengoptimalkan lahan, meningkatkan teknologi pertanian yang tepat guna, serta bekerja sama dengan para investor penanaman yang ingin menghasilkan sayuran komersial dengan kualitas baik, kuantitas yang mencukupi, serta kontinuitas yang bisa dipertanggung jawabkan setiap harinya.

Sampai saat ini, Hyseed Mampu mempekerjakan 30 pekerja outsourcing dibidang kontruksi, 8 Petani, Serta 4 Investor dengan total lahan 1800m dan mampu memproduksi sampai 80 kg sayuran perharinya. Hyseed consortium project dengan Agropatas Consultant yang berlokasi di surabaya yang sudah bergelut sejak tahun 2013 sebagai consultant hidroponik komersial.

Dengan hal ini, Hyseed mendukung Peraturan Menteri Pertanian RI No 14/Permentan/OT.140/3/2012 tentang Program Peningkatan Diversikasi dan Ketahanan Pangan Masyarakat Badan Ketahanan Pangan Tahun Anggaran 2013.

Hyseed mengajak para investor, pemilik lahan serta petani untuk bersama- sama mewujudkan sebuah industri pertanian yang efisien dan scalable untuk keberlanjutan ketahanan pangan yang lebih baik.

### 2.2.2. Hidroponik

Istilah hidroponik (Hydroponic) digunakan untuk menjelaskan tentang cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Dikalangan umum, istilah ini dikenal dengan nama “bercocok tanam tanpa tanah”. Disini juga termasuk bercocok tanam didalam pot atau wadah lainnya yang menggunakan air atau bahan porous lainnya, seperti pecahan genting, pasir kali, kerikil, maupun gabus putih [4].

Bertanam secara hidroponik dapat berkembang dengan cepat karena cara ini mempunyai banyak kelebihan. Beberapa diantaranya kelebihan yang didapat dari bercocok tanam secara hidroponik sebagai berikut :

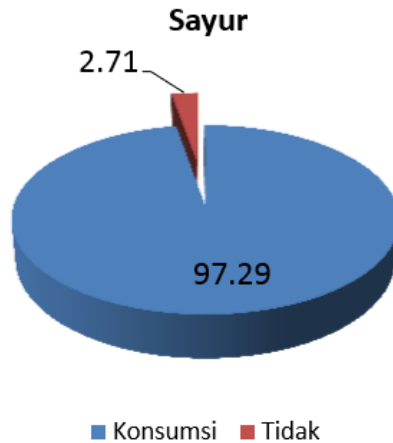
- Keberhasilan untuk tanaman untuk tumbuh dan berproduksi lebih terjamin.
- Perawatan lebih praktis serta gangguan hama lebih terkontrol.
- Pemakaian pupuk lebih hemat dan efisien.
- Tanaman yang mati lebih mudah diganti dengan tanaman yang baru.
- Tidak membutuhkan banyak tenaga kerja kasar karena metode kerja lebih hemat dan memiliki standarisasi.
- Tanaman dapat tumbuh lebih pesat dengan keadaan yang tidak kotor dan rusak.
- Lebih sedikit risiko terkena banjir, erosi, kekeringan atau ketergantungan pada kondisi alam.

Bercocok tanam secara hidroponik dapat memberikan keuntungan yang lebih besar, terutama bagi penduduk perkotaan yang memiliki lahan sempit dan gersang.

### 2.2.3. Konsumsi Sayur Masyarakat

Sayuran di Indonesia bukanlah menjadi barang asing, menurut data Kementerian Pertanian jenis sayuran yang jadi komoditas di Indonesia mencatat 22 jenis sayuran dan 17 diantaranya merupakan sayuran utama yang biasa ditemukan masyarakat [5]. Sayuran tersebut adalah kentang, kubis, kembang kol, sawi, wortel, lobak, kacang merah, kacang panjang, paprika, jamur, tomat, terung, buncis, ketimun, labu siam, kangkung, dan bayam.

Persentase penduduk Indonesia yang mengonsumsi sayur menurut survei yang dilakukan Badan Pusat Statistik.



**Gambar 2.1 Persentase Konsumsi Sayur**

Sumber : Badan Pusat Statistik, Konsumsi Buah dan Sayur Susenas 2017

Dapat dilihat pada Gambar 2.1 hampir seluruh penduduk Indonesia atau sebesar 97,29 % mengonsumsi sayur.

**Tabel 2.2 Konsumsi Sayur Perorang Seminggu**

Komoditi Sayuran	Satuan	2015	2016
Bayam	Kg	0.077	0,086
Kangkung	Kg	0.085	0.092
Sawi Hijau	Kg	0.040	0.040
Buncis	Kg	0.022	0.022
Kacang Panjang	Kg	0.064	0.064
Tomat	Kg	0.080	0.085
Daun Ketela Pohon	Kg	0.051	0.055
Terong	Kg	0.053	0.055
Tauge	Kg	0.017	0.018
Sayur Sop/ Capcay	Bungkus	0.159	0.164

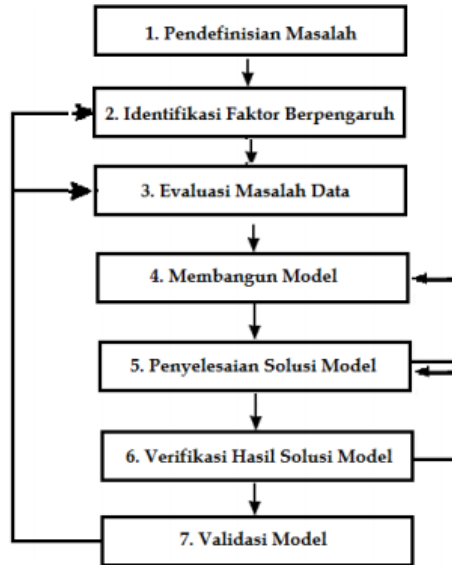
<b>Komoditi Sayuran</b>	<b>Satuan</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Sayur Asem/ Lodeh	Bungkus	0.101	0.103
Nangka Muda	Kg	0.011	0.010
Bawang Merah	Ons	0.520	0.542
Bawang Putih	Ons	0.335	0.339
Cabe Merah	Kg	0.057	0.044
Cabe Rawit	Kg	0.057	0.047

Sumber : Badan Pusat Statistik, Konsumsi Buah dan Sayur Susenas 2017

Jenis sayuran favorit yang dikonsumsi Penduduk Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2Tabel 2.1 yaitu Bayam, Kangkung, Kacang Panjang, Tomat dan Terong. Sedangkan, sebagian penduduk lebih memilih konsumsi sayuran paket seperti sayur sop/capcay dan sayur asem/lodeh [6].

#### 2.2.4. Model dan Simulasi

Suatu model yang menirukan sistem aslinya, tetapi dalam suatu skala tertentu [7]. Sedangkan Simulasi merupakan proses mendesain dan membuat model dari sistem nyata ataupun yang akan dibuat. Bertujuan melaksanakan percobaan numeric untuk memberikan pemahaman lebih dari perilaku sistem dengan memberikan beberapa kondisi. Simulasi dapat dilakukan pada sistem yang simple maupun yang lebih kompleks, juga dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat dalam waktu yang singkat tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar [8].Langkah-langkah pemodelan dan simulasi Gambar 2.2 sebagai berikut [7]:



**Gambar 2.2 Tahapan Model dan Simulasi**

Sumber : Dindagaze, Rangkuman Pemodelan Sistem

Model simulasi dibagi mejadi tiga, yaitu [8]:

1. Statistik dan Dinamik

Statistic model tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, dinamik model dipengaruhi oleh perubahan waktu.

2. Kontinu dan Diskret

Model kontinu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu. Sedangkan pada model diskret jika variabel yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu.

3. Deterministik dan Stokastik

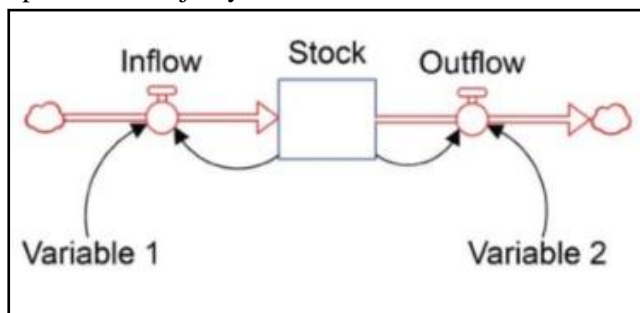
Model deterministik tidak mengandung variabel yang bersifat random, sedangkan model stokastik mengandung

beberapa input yang bersifat random. Model bisa mempunyai deterministic dan random variabel dalam komponen yang berbeda.

### 2.2.5. Sistem Dinamik

Sistem dinamik adalah metode yang digunakan untuk mempelajari, memahami dan memodelkan kebijakan publik dan privat, dan membantu meningkatkan pengambil keputusan. Model simulasi dinamik merupakan suatu metode pemecahan masalah-masalah kompleks yang timbul karena adanya kecenderungan sebab-akibat dari berbagai macam variabel di dalam sistem. Metode sistem dinamik pertama kali diterapkan pada permasalahan manajemen seperti fluktuasi inventori, ketidakstabilan tenaga kerja, dan penurunan pangsa pasar suatu perusahaan. Hingga saat ini aplikasi metode sistem dinamik terus berkembang semenjak pemanfaatannya dalam bidang-bidang sosial dan ilmu-ilmu fisik. Model sistem dinamik memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut :

- Dinamika sistem yang kompleks
- Perubahan perilaku sistem terhadap waktu
- Adanya sistem umpan balik tertutup
- Adanya umpan balik ini menggambarkan informasi baru tentang keadaan sistem, yang kemudian akan menghasilkan keputusan selanjutnya



**Gambar 2.3 System Dynamics Model**

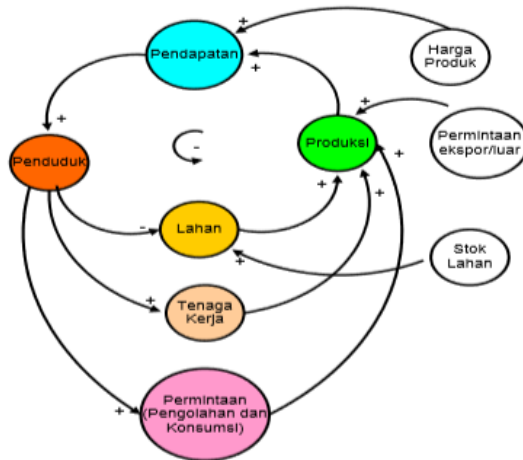
Sumber : System Thinking and Modelling for a Complex World



Bentuk sederhana dari sistem dinamik dapat dilihat pada Gambar 2.3. Sistem dinamik menggunakan model simulasi untuk memahami dinamika perilaku sistem yang kompleks dan mendesain kebijakan yang lebih efektif [9]. Pembuatan model sistem dinamik umumnya dilakukan dengan menggunakan software yang memang dirancang khusus. Software tersebut seperti Powersim, Vensim, Stella, dan Dynamo. Dengan software tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya. Namun demikian tidak menutup kemungkinan sebuah software yang dapat mengolah operasi matematis jenis spreadsheet seperti Microsoft Excel atau Lotus juga bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan pembuatan model sistem dinamik.

#### 2.2.6. Causal Loop Diagrams

Causal Loop Diagram adalah satu bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan panah dari sebab ke akibat [9]. Causal loop diagram menggambarkan hubungan kausal antar variabel sistem. Polaritas aliran dibagi 2 yaitu polaritas aliran positif (+) dan negatif (-). Disebut positif bila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan bertambahnya nilai variabel pada akhir aliran. Sebaliknya disebut negatif bila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan berkurangnya nilai variabel pada akhir aliran (berlawanan) [10]. Casual Loop Diagram (CLD) merupakan dasar dari membuat sebuah simulasi sistem dinamik. Berikut dapat dilihat pada Gambar 2.4 CLD penggunaan lahan pertanian pada perkotaan.

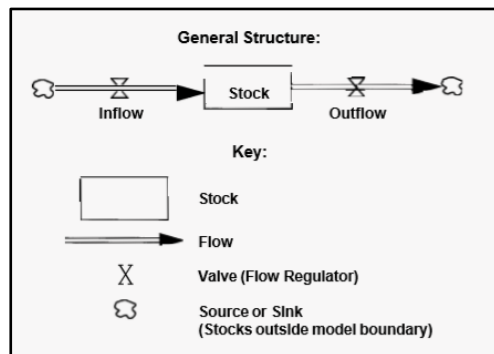


**Gambar 2.4 CLD Pertanian Perkotaan**

Sumber : Model Sistem Dinamik Perubahan Guna Lahan Pertanian Perkotaan

### 2.2.7. Stock Flow Diagram

Suatu diagram yang menggunakan notasi-notasi untuk menggambarkan arus dari data pada suatu sistem, yang penggunaannya sangat membantu untuk memahami sistem secara logika, terstruktur dan jelas [9]. Diagram pada Gambar 2.5 digunakan sebagai alat bantu dalam menggambarkan atau menjelaskan proses kerja suatu sistem.



**Gambar 2.5 Stock and Flow Diagram Notation**

Sumber : System Thinking and Modelling for a Complex World

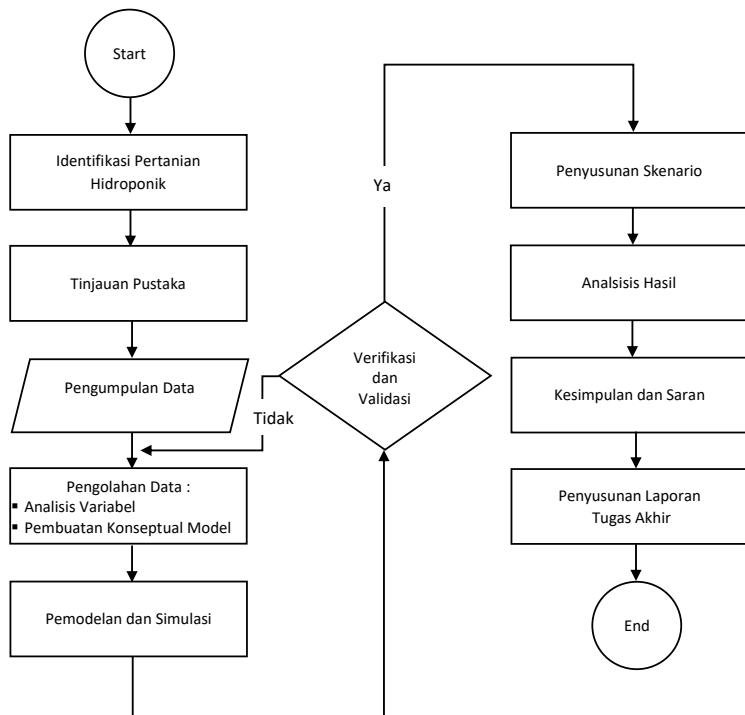


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir. Metodologi ini diperlukan sebagai panduan sistematis dalam pengerjaan tugas akhir.

### 3.1. Diagram Metodologi

Sub-bab ini akan menjelaskan pengerjaan tugas akhir, seperti dapat dilihat pada gambar Gambar 3.1 berikut.



**Gambar 3.1 Tahap Pengerjaan Tugas Akhir**

### **3.2. Uraian Metodologi**

Berikut ini merupakan tahapan dari pelaksanaan tugas akhir dimulai dari studi literatur, observasi dan wawancara, strukturisasi data, pembuatan model proses bisnis, evaluasi proses, validasi hasil evaluasi, sampai penyusunan laporan tugas akhir.

#### **3.2.1. Identifikasi Pertanian Hidroponik**

Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan pemahaman mengenai pertanian hidroponik secara umum dan kondisi pertanian hidroponik pada studi kasus yang dipilih, diantaranya penanaman lahan, produksi lahan, permintaan pasar, harga, pemasaran dan hal lain yang terkait dengan pertanian hidroponik. Selain pemahaman tersebut juga dilakukan identifikasi permasalahan yang merujuk pada penjelasan latar belakang dan tinjauan pustaka. Identifikasi masalah dan pemahaman sistem dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan literatur terkait dengan pertanian hidroponik, terutama data didapatkan dari pihak Hyseed Farm itu sendiri.

#### **3.2.2. Tinjauan Pustaka**

Pada tahapan ini dilakukan penggalian teori, informasi dan juga penelitian terdahulu yang terkait untuk dapat menunjang pengerjaan tugas akhir ini sesuai dengan permasalahan yang telah dirumuskan. Penggalian teori dan informasi didapatkan melalui berbagai sumber seperti, internet, paper, artikel ilmiah, jurnal, buku dan tugas akhir lain yang sesuai. Tinjauan pustaka dilakukan sesuai dengan fokus tugas akhir, yaitu membuat model simulasi sistem dinamik untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian hidroponik pada Hyseed Farm.

#### **3.2.3. Pengumpulan Data**

Data yang diperoleh untuk pengerjaan tugas akhir ini didapat dari pihak Hyseed Farmnya langsung, data yang diperoleh berasal dari hasil wawancara dan juga data-data dokumentasi dari pihak Hyseed Farm. Adapaun data yang dapat dikumpulkan diantaranya sebagai berikut :

- Data terkait kondisi pertanian hidroponik pada Hyseed Farm
- Data produksi lahan, luas area lahan pertanian
- Data statistik harga dipasaran, area pemasaran, statistik penjualan.

#### 3.2.4. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dilakukan setelah diperoleh data awal dari proses pengumpulan data. Terdapat beberapa langkah dalam melakukan pengolahan data, diantaranya sebagai berikut:

##### 1. Analisis Variabel

Melakukan analisis terhadap faktor dan variabel yang mempengaruhi tingkat produktivitas lahan pada Hyseed Farm. Berdasarkan hasil diskusi dan konsultasi dengan pihak pertanian hidroponik, terkait dengan studi kasus yang diusulkan, terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas sayuran diantaranya pekerja, luas lahan, bibit, nutrisi, air, gangguan tanaman, dll. Dari variabel-variabel tersebut dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu faktor yang berpengaruh positif dan negatif, yang nantinya akan mempermudah dalam menuliskan pada diagram kausatik.

##### 2. Pembuatan Konseptual Model

Langkah awal yang dilakukan sebelum pembuatan model dan simulasi yaitu, menentukan model konseptual untuk mengetahui pola perilaku dan yang ada pada simulasi guna menentukan kesesuaian model dengan perilaku di kehidupan [11]. Model konseptual tersebut digambarkan dengan Causal Loop Diagram (CLD). CLD dibuat untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat dari variabel-variabel utama yang akan dibuat dalam model nantinya.

#### 3.2.5. Pemodelan dan Simulasi Sistem

Setelah membuat Causal Loop Diagram, berikutnya dilanjutkan ke tahap pemodelan sistem yang bertujuan untuk merumuskan hubungan antara variabel satu dengan variabel lainnya.

Tahapan pemodelan sistem ini akan menghasilkan model diagram flow dari sistem. Model flow diagram ini yang akan disimulasikan untuk melihat perilaku dari sistem yang dimodelkan.

Simulasi dari tugas akhir ini menggunakan interval waktu bulan dan dilakukan untuk kurun waktu 1 tahun. Penentuan waktu ini dilakukan dengan melihat pertimbangan bahwa dalam kurun waktu 1 tahun dapat untuk melihat perkembangan penduduk yang tentunya berpengaruh terhadap perilaku konsumsi masyarakat, dan juga dapat melihat perubahan harga pada kondisi atau even tertentu.

### 3.2.6. Verifikasi dan Validasi

Melakukan verifikasi dan validasi terhadap model yang telah dibuat, verifikasi adalah pemeriksaan model simulasi konseptual kedalam bahasa pemrograman secara benar. Sedangkan validasi adalah penentuan apakah model konseptual simulasi dapat merepresentasikan secara akurat dari sistem nyata yang dimodelkan [8]. Jadi, verifikasi merupakan membuktikan model yang dibuat sudah sesuai dengan konsep rancangan model dari sistem dan validasi merupakan membuktikan model yang dibuat sudah sesuai dengan kenyataan atau belum.

### 3.2.7. Penyusunan Skenario

Setelah lulus tahap verifikasi dan validasi, langkah selanjutnya penyusunan skenario simulasi. Penggunaan skenario merupakan pengembangan dari proses simulasi, dengan melakukan penambahan, pengurangan atau perubahan nilai pada variabel tertentu untuk mengetahui dampaknya terhadap nilai output simulasi. Pada simulasi sistem dinamik terdapat 2 jenis skenario yaitu :

- Skenario Struktur, skenario ini digunakan untuk mengubah struktur model dengan penambahan atau pengurangan variabel.

- Skenario Parameter, skenario ini bertujuan mengubah nilai parameter suatu variabel yang berpengaruh pada model.

### 3.2.8. Analisis Hasil

Analisis dilakukan terhadap model dan skenario yang telah dibuat bertujuan untuk mengetahui bagaimana perilaku produksi, permintaan, perdistribusian dan harga sayuran dimasa lalu dan bagaimana perilaku sistem dalam skenario yang dijalankan. Dari beberapa skenario yang ada, kemudian akan dipilih satu skenario yang memiliki hasil atau nilai paling baik.

### 3.2.9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapat dari hasil analisis terhadap skenario yang yang telah dibuat, dari analisis tersebut dibuatlah kesimpulan yang dapat memberikan solusi dan usulan terhadap upaya peningkatan produktivitas lahan pada Hyseed Farm. Sedangkan saran berupa masukan terhadap solusi-solusi yang diusulkan pada kesimpulan dan pengerjaan tugas akhir ini.

## 3.3 Rangkuman Metodologi

Berikut ini merupakan ringkasan dari tahapan dari pelaksanaan tugas akhir dimulai dari studi literatur, observasi dan wawancara, strukturisasi data, pembuatan model proses bisnis, evaluasi proses, validasi hasil evaluasi, sampai penyusunan laporan tugas akhir pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Rangkuman Metodologi**

<b>Aktivitas</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Input</b>	<b>Output</b>	<b>Metode</b>
Identifikasi Pertanian Hidroponik	Menentukan permasalahan yang ada pada pertanian hidroponik	Kondisi terkini pada pertanian hidroponik	Gambaran rumusan masalah, topik yang bisa diangkat pada tugas akhir	Wawancara , Diskusi, Observasi
Tinjauan Pustaka	Penggalan teori, informasi dan	Penelitian terdahulu,	Penjelasan tentang teori-teori	Observasi, Wawancara



<b>Aktivitas</b>	<b>Tujuan</b>	<b>Input</b>	<b>Output</b>	<b>Metode</b>
	penelitian yang terkait dengan tugas akhir	Paper, Buku, Jurnal	yang digunakan pada tugas akhir	
Pengumpulan Data	Mengumpulkan semua data yang dibutuhkan dalam tugas akhir	Data dari pihak hidroponik, data penelitian terkait	Data yang sudah dapat digunakan pada model	Dokumentasi, Observasi
Pengolahan Data	Melakukan analisa variabel untuk pembuatan konseptual model	Data-data yang sudah ditentukan sebelumnya	Model konseptual berupa Causal Loop Diagram	Observasi, Wawancara
Pemodelan dan Simulasi Sistem	Merumuskan hubungan tiap variabel	Causal Loop Diagram dibuat diubah jadi lebih detail	Pemodelan sistem berupa Stock Flow Diagram	Sistem Dinamik
Verifikasi dan Validasi	Memeriksa dan memastikan model sudah sesuai	Cek model, data asal dan data hasil simulasi	Model tidak error, nilai E1 dan E2	Multiple test for validation
Penyusunan Skenario	Beberapa skenario yang akan dicobakan	Penambahan parameter atau variabel baru	Model baru yang telah diterapkan skenario	Observasi, Diskusi
Analisis Hasil	Menentukan skenario yang paling optimal	Analisa dan hasil dari setiap skenario	Satu skenario yang paling optimal	Mebanding kan nilai setiap skenario
Kesimpulan dan Saran	Membuat kesimpulan dan saran untuk kedepannya	Rumusan masalah, analisis hasil	Ringkasan analisi hasil, jawaban dari rumusan masalah	Menjawab semua rumusan masalah

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN MODEL**

Bagian ini menjelaskan mengenai rancangan pengembangan model sistem yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini. Pada bagian perancangan ini meliputi kebutuhan data, rancangan gambaran model sistem serta hasil implementasi.

#### **4.1. Kebutuhan Data**

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data-data yang diperoleh melalui wawancara, observasi dan dokumentasi dari pihak Hyseed Farm. Beberapa data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kualitas Air
2. Data luas lahan
3. Jumlah pekerja
4. Bibit yang digunakan
5. Kebutuhan cahaya, kelembapan, suhu
6. Data nutrisi
7. Data penyakit dan hama tanaman
8. Data hasil panen

Data yang digunakan adalah data untuk tahun 2017. Selain akan kebutuhan data, diperlukan juga pemahaman konsep akan sistem produktivitas sayuran. Guna memenuhi pemahaman akan konsep dari sistem produktivitas sayuran dilakukan diskusi dengan pihak pertanian hidroponik.

##### **4.1.1. Air**

Air merupakan media utama yang digunakan dalam sistem hidroponik. Cara termudah untuk memeriksa apakah air yang digunakan bersih dan sehat adalah dari warna, bau, rasa dan derajat keasaman. Gunakan air dengan nilai TDS antara 0-180 ppm. Gunakanlah air dengan pH 5-7 untuk media hidroponik.

#### 4.1.2. Lahan

Lahan yang dimiliki sebanyak 600 titik, yang digunakan untuk penanaman sayur samhong sebanyak 125 titik, kangkung 100 dan pakcoy 100.

#### 4.1.3. Pekerja

Pekerja yang bekerja tetap dan penuh sebanyak 2 orang. Selebihnya dikerjakan dan dibantu oleh anggota keluarga.

#### 4.1.4. Bibit

Beberapa merek benih memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri, jadi bisa saja jika menanam tanaman yang sama hasil berbeda dengan dengan merek yang lain. Bibit yang digunakan yaitu Panah Merah dan New Desit.

#### 4.1.5. Kebutuhan Cahaya

Tanaman hidroponik memerlukan penerangan 8-10 jam cahaya matahari untuk setiap harinya, supaya menghasilkan pertumbuhan tanaman yang sempurna. Dapat juga memakai lampu yang berkemampuan baik sejenis lampu LED bercahaya terang yang dapat dipakai jika tidak ada cahaya matahari.

#### 4.1.6. Kelembaban

Tingkat kelembaban lingkungan yang menentukan banyak sedikitnya tanaman menyerap air dan nutrisi. Dengan semakin keringnya kondisi lingkungan sekitar (kurang lembab), proses transpirasi terjadi semakin cepat. Semakin cepat proses transpirasi terjadi, semakin cepat pula akar menyerap air untuk menggantikan air yang keluar. Kebanyakan tanaman nyaman dengan tingkat kelembaban 60%-80%. Bila berada diluar tingkat kelembapan tersebut maka harus menambahkan atau mengurangi air nutrisi untuk mengimbangi.

#### 4.1.7. Suhu

Tanaman akan dapat tumbuh dengan baik hanya dalam rentang suhu terbatas. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman akan terganggu sehingga

mengurangi produksitifitasnya. Umumnya untuk sebagian besar tanaman sayuran hidroponik membutuhkan suhu ideal antara 23°C-26°C.

#### 4.1.8. Nutrisi

Larutan hidroponik yang umum dipakai adalah AB mix. AB mix merupakan larutan hidroponik yang dapat digunakan sebagai suplai hara baik makro maupun mikro untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum. Pupuk hidroponik AB Mix terdiri 2 larutan. larutan pertama atau A mix mengandung hara N, K, Ca dan Fe dan B mix mengandung hara p dan hara mikro.

Berikut Tabel 4.1 merupakan nilai pH, EC dan Nutrisi untuk beberapa jenis sayuran hidroponik.

**Tabel 4.1 Nilai pH, EC dan Nutrisi Beberapa Sayuran**

No	Tanaman	pH	EC	PPM
1	Bayam	5.5-6.6	1.8-2.3	1260-1610
2	Brokoli	6.0-6.5	2.8-3.5	1960-2450
3	Cabe	6.0-6.5	3.0-3.5	2100-2450
4	Kailan	5.5-6.5	1.5-2.0	1050-1400
5	Kangkung	5.5-6.5	2.0-2.1	1050-1400
6	Kembang Kol	6.0-7.0	0.5-2.0	1050-1400
7	Lobak	6.0-7.0	1.6-2.2	840-1540
8	Okra	6.5	2.0-2.4	1400-1680
9	Pakchoy	7	1.5-2.0	1050-1400
10	Paprika	6.0-6.5	1.8-2.2	1260-1540
11	Samhong	6.5-6.8	1.5-2.0	1050-1400
12	Sawi	5.5-6.5	2.0-2.1	1050-1400
13	Selada	5.5-6.5	0.8-1.2	560-840

No	Tanaman	pH	EC	PPM
14	Seledri	6.5	1.8-2.4	1260-1680
15	Tatsoi	5.5-6.5	1.5-2.0	1050-1400
16	Terong	5.5-6.5	2.5-3.5	1750-2450
17	Tomat	5.5-6.5	2.0-5.0	1400-3500
18	Tunip	6.0-6.5	1.8-2.4	1260-1680
19	Zucchini	6	1.8-2.4	1260-1680

Sumber : Pertanian Hidroponik Hyseedfarm

#### 4.1.9. Gangguan Tanaman

Gangguan pada sayuran biasa dari ulat yang dapat memakan daun, penyakit berupa busuk akar yang menyebabkan sayuran menjadi layu dan bisa cepat menyebar kesayuran lain, tentunya juga serangan hama yaitu hama apit. Segala macam gangguan yang menyerang sayuran ditangani dengan bahan organik. Misalnya hama dengan menyemprotkan daun mimba pada pagi dan sore hari. Untuk mengatasi serangan hama sebaiknya membuat jaring untuk menangkal gangguan dari luar.

#### 4.1.10. Hasil Panen

Data hasil panen sayuran merupakan data untuk tahun 2017. Berikut ini pada Tabel 4.2 beberapa hasil panen sayuran yang sudah dipilih sebagai objek simulasi sistem.

**Tabel 4.2 Hasil Panen Samhong, Kangkung dan Pakcoy**

Panen	Samhong (Kg)	Kangkung (Kg)	Pakcoy (Kg)
1	33,6	23,6	28,6
2	33,4	23,7	28,4
3	33,6	24,4	30,2

<b>Panen</b>	<b>Samhong (Kg)</b>	<b>Kangkung (Kg)</b>	<b>Pakcoy (Kg)</b>
4	35,1	24,6	30,1
5	35,6	24,7	30,3
6	35,2	25,3	30,2
7	35,7	25,6	30,4
8	35,8	25,5	30,5
9	35,9	25,5	30,9
10	35,9	25,4	29,7
11	34,5	24,5	28,5
12	33,4	24,7	28,7
13	-	24,3	-
14	-	23,8	-
15	-	23,7	-

Sumber : Pertanian Hidroponik Hyseedfarm

#### 4.1.11. Produktivitas Lahan

Data produktivitas lahan untuk setiap sayuran didapatkan dari perhitungan dari hasil panen dibagi dengan jumlah lahan yang digunakan untuk penanaman sayuran itu sendiri. Berikut ini Tabel 4.3 produktivitas beberapa sayuran untuk tahun 2017.

**Tabel 4.3 Produktivitas Samhong, Kangkung dan Pakcoy**

<b>Panen</b>	<b>Samhong (gram/titik)</b>	<b>Kangkung (gram/titik)</b>	<b>Pakcoy (gram/titik)</b>
1	269	236	286
2	267	237	284
3	269	244	302

<b>Panen</b>	<b>Samhong (gram/titik)</b>	<b>Kangkung (gram/titik)</b>	<b>Pakcoy (gram/titik)</b>
4	281	246	301
5	285	247	303
6	282	253	302
7	286	256	304
8	286	255	305
9	287	255	309
10	287	254	297
11	276	245	285
12	267	247	287
13	-	243	-
14	-	238	-
15	-	237	-

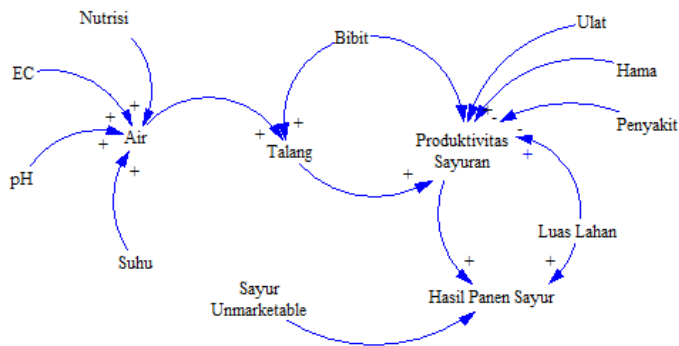
## 4.2. Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan data yang didapatkan sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk merumuskan hubungan antar masing-masing variabel yang dapat mempengaruhi produktivitas lahan pada Hyseed Farm. Hubungan ini akan memberikan gambaran mengenai kondisi eksisting produktivitas lahan pada Hyseed Farm. Tahapan dalam mengembangkan model dalam tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Model Diagram Kausatik (Causal Loop Diagram)
2. Model Diagram Alir (Stock Flow Diagram)
3. Verifikasi Model
4. Validasi Model
5. Rancangan Skenario

### 4.3. Model Diagram Kausatik

Langkah awal dalam pembuatan simulasi sistem dinamik adalah dengan membuat model diagram kausatik sesuai dengan kondisi eksisting yang ada pada Hyseed Farm saat ini. Dalam pembuatan konsep model diagram kausatik adalah dengan melakukan identifikasi terhadap variabel-variabel yang saling berhubungan dan saling berpengaruh terhadap sistem. Berikut ini merupakan gambar diagram kausatik untuk produktivitas lahan dan juga kualitas tanaman yang ada pada Hyseed Farm.



**Gambar 4.1 Diagram Kausatik Sayuran**

Dari Gambar 4.1 dapat terlihat hubungan serta pengaruh antar variabel terhadap produktivitas lahan. Dibawah ini merupakan penjelasan untuk model diagram kausatik diatas :

#### 1. Produktivitas Sayuran

Merupakan nilai produktivitas hasil panen sayuran, biasanya untuk nilai produktivitas lahan dapat diukur dengan ukuran satuan gram per titik tanam (g/titik). Faktor produktivitas merupakan salah satu faktor utama yang dapat digunakan untuk menghitung produksi lahan.



## 2. Hasil Panen Sayur

Merupakan hasil produksi dari setiap sayuran yang dapat dihitung dari total luas lahan dikalikan dengan nilai produktivitas sayuran.

## 3. Luas lahan

Merupakan luas lahan yang ditanami sayuran yang biasanya disebut dengan titik tanam.

## 4. Sayur Unmarketable

Merupakan sayur hasil panen yang tidak lolos sortiran karena terdapat kerusakan pada sayur, seperti sayur rusak, kerdil, berwarna kekuningan, layu, dsb.

## 5. Gangguan Tanaman

Merupakan hal-hal yang menyebabkan penurunan nilai produktivitas lahan, dalam hal ini sudah dikelompokkan menjadi 3 gangguan yang sering terjadi, yaitu ulat, hama dan penyakit.

## 6. Talang

Merupakan wadah tempat penanaman bibit sayuran, biasanya yang sering digunakan pipa PVC dan juga talang air yang berbentuk kotak, disesuaikan dengan jenis tanaman yang akan ditanam.

## 7. Bibit

Merupakan salah satu faktor penentu produktivitas, merek bibit juga menentukan hasil panen.

## 8. Suhu

Merupakan nilai suhu untuk sayuran dapat tumbuh optimal, biasanya satuan yang digunakan derajat celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Suhu sendiri dipengaruhi oleh kelembapan dan juga temperatur yang ada di lingkungan sekitar.

#### 9. pH

Merupakan nilai pH untuk larutan nutrisi hidroponik, biasanya nilai pH berada kisaran 6-7. Tiap sayuran memiliki kisaran nilai pH yang berbeda-beda.

#### 10. EC

Merupakan Electro Conductivity atau aliran listrik yang berada didalam air, biasanya ditunjukkan dengan satuan milisiemens per sentimeter (ms/cm). Angka EC menunjukkan jumlah garam terlarut dalam nutrisi.

#### 11. Nutrisi

Merupakan suplai hara untuk sayuran yang diberikan sesuai takaran untuk tiap sayurannya. Biasanya satuan untuk nutrisi ini berupa part per millon (PPM).

#### 12. Air

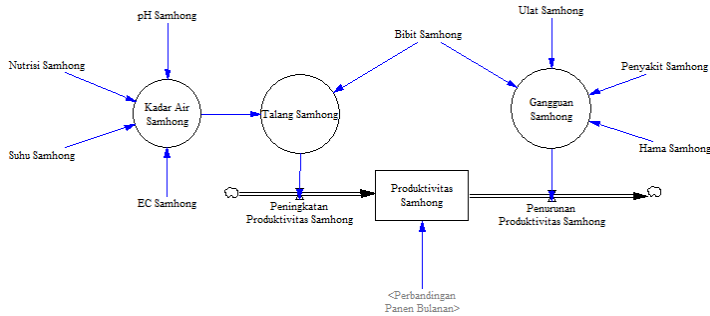
Merupakan tempat semua kontrol diatas diberikan, mulai dari nutrisi diberikan, EC, pH, cahaya temperatur, kelembapan. Semuanya itu dialirkan melalui air tersebut.

### 4.4. Model Diagram Alir

Tahapan berikutnya adalah pemodelan data dengan cara pembuatan diagram alir (Stock Flow Diagram). Diagram alir menggambarkan hubungan antar variabel dan sudah dinyatakan dalam bentuk simbol-simbol. Pemodelan data digunakan untuk menyesuaikan model dengan kondisi nyata, bertujuan untuk mensimulasikan data pada model dan melakukan verifikasi-validasi kesesuaian model dengan sistem nyata.

Diagram alir kan mempermudah dalam menggambarkan pembuatan skenario. Berikut ini merupakan implementasi dari pembuatan stock flow diagram.

#### 4.4.1. Sub Model Samhong



**Gambar 4.2 Diagram Flow Samhong**

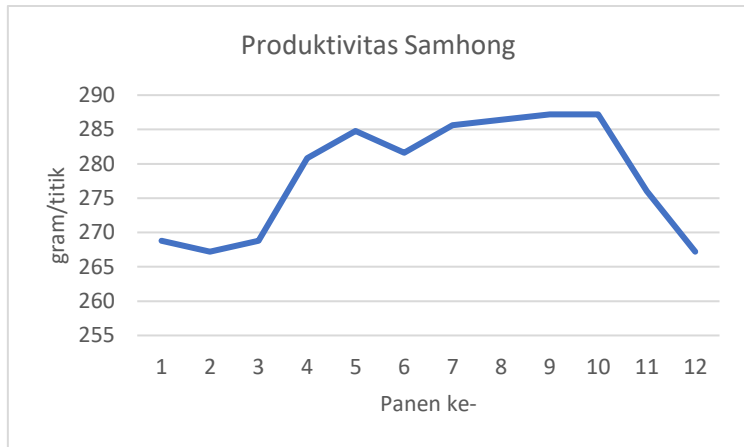
Diagram pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai produktivitas sayur Samhong dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti terlihat pada gambar diatas variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas samhong ada beberapa diantaranya adalah talang, bibit, kualitas air, jumlah nutrisi, nilai pH, nilai EC dan juga kondisi suhu lingkungan sekitar [12]. Sedangkan untuk penurunan produktivitas samhong ada berupa ulat, hama dan juga beberapa jenis penyakit. Berdasarkan hasil survey kepada pihak hidroponik untuk setiap variabel yang berpengaruh terhadap produktivitas sayuran menurut besarnya pengaruh yang diberikan berdasarkan regresi linear, hal ini dilakukan untuk melihat dampak atau pengaruh yang diberikan oleh setiap variabel yang memiliki satuan yang berbeda-beda terhadap produktivitas sayuran. Nilai koefisien setiap pengaruhnya pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

**Tabel 4.4 Pengaruh Variabel berdasarkan Regresi**

Variabel	Koefisien
Nutrisi	1.71
pH	4.90
EC	8.16
Suhu	8.16

Sedangkan untuk penurunan produktivitas sayuran dihitung berdasarkan sering atau tidaknya kejadian tersebut terjadi. Urutan dimulai dari gangguan ulat yang nilainya paling besar karena cukup sering terjadi, diikuti dengan hama dan penyakit.

Grafik nilai produktivitas sayur samhong pada tahun 2017 sejumlah 12 kali panen dapat dilihat pada Gambar 4.3, kenaikan terjadi pada pertengahan tahun dan mengalami penurunan kembali pada akhir tahun.



**Gambar 4.3 Grafik Produktivitas Samhong**

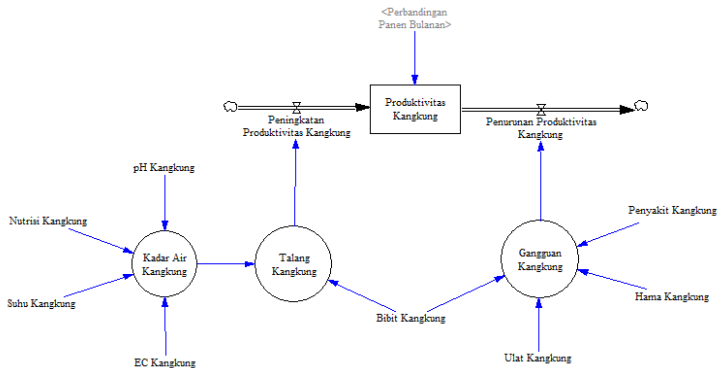
Untuk rata-rata produktivitas samhong pada Gambar 4.3 sebesar 280 gram/titik tanam, pada gambar diatas terlihat nilai produktivitas samhong tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan yang signifikan dikarenakan kondisi samhong hidroponik tidak terlalu dipengaruhi oleh dunia luar. Pengaruh yang lebih besar hanya disebabkan oleh perubahan suhu yang dipengaruhi kondisi cuaca dan musim yang ada, makanya pada awal dan akhir tahun mengalami penurunan karena suhu lingkungan sedikit lebih rendah. Persamaan yang digunakan untuk sub model ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

**Tabel 4.5 Formulasi Sub Model Samhong**

<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Produktivitas Samhong	Peningkatan Produktivitas Samhong-Penurunan Produktivitas Samhong
Peningkatan Produktivitas Samhong	Talang Samhong/100
Penurunan Produktivitas Samhong	Gangguan Samhong/100
Ulat Samhong	RANDOM UNIFORM(1, 300 , 0 )
Penyakit Samhong	200
Hama Samhong	250
Gangguan Samhong	(Hama Samhong+Penyakit Samhong+Ulat Samhong)/Bibit Samhong
Talang Samhong	Kadar Air Samhong/Bibit Samhong
Bibit Samhong	125
Air Samhong	$8.16 * EC \text{ Samhong} + 1.71 * \text{Nutrisi Samhong} + 4.90 * pH \text{ Samhong} + 8.16 * \text{Suhu Samhong}$
Nutrisi Samhong	RANDOM NORMAL( 350 , 1400 , 875 , 742 , 0 )
EC Samhong	RANDOM NORMAL( 1.5 , 2 , 1.75 , 0.35 , 0 )
pH Samhong	RANDOM NORMAL( 6.5 , 6.8 , 6.65 , 0.21 , 0 )

Variabel	Persamaan
Suhu Samhong	$\text{RANDOM NORMAL}(23, 28, 25.5, 3.5, 0)$

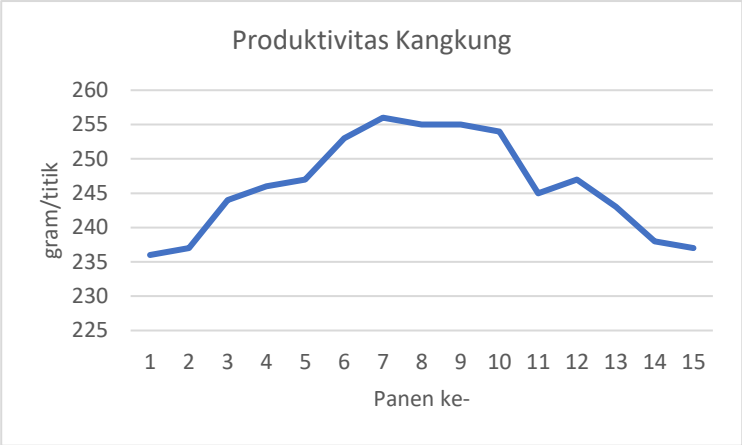
#### 4.4.2. Sub Model Kangkung



**Gambar 4.4 Diagram Flow Kangkung**

Pada Gambar 4.4 menghitung nilai produktivitas sayur kangkung sama dengan sayur samhong sebelumnya, variabel-variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan dan juga penurunan produktivitas kangkung juga sama. Akan tetapi pemberian nilai untuk setiap variabel yang ada tentu saja berbeda-beda, sesuai dengan nilai yang sudah ditentukan. Contohnya saja untuk nutrisi setiap sayuran memiliki takarannya masing-masing.

Grafik produktivitas kangkung pada tahun 2017 sebanyak 15 kali panen. Panen kangkung lebih banyak dikarenakan masa panen kangkung lebih cepat daripada samhong dan pakcoy, nilai produktivitas kangkung dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Produktivitas Kangkung

Rata-rata nilai produktivitas kangkung sebesar 250 gram/titik tanam. Bentuk grafik dari produktivitas kangkung mirip dengan grafik samhong sebelumnya, mengalami peningkatan dipertengahan tahun dan penurunan pada awal serta akhir tahun. Faktor yang mempengaruhi pun tentunya juga sama. Persamaan yang digunakan untuk sub model produktivitas kangkung dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

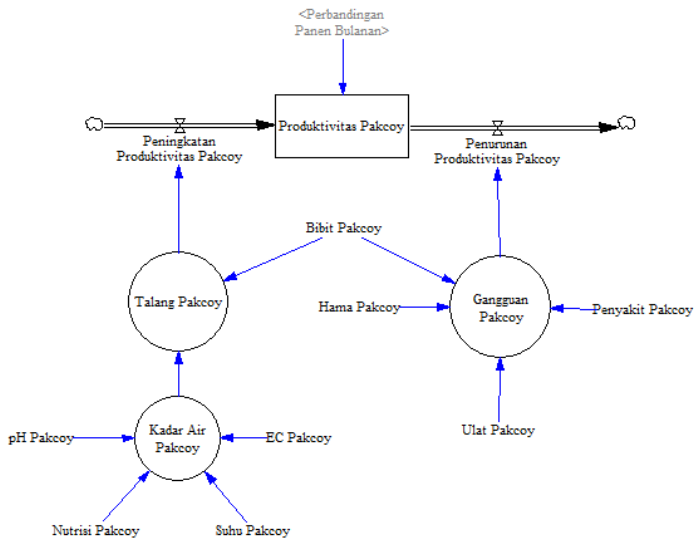
Tabel 4.6 Formulasi Sub Model Kangkung

Variabel	Persamaan
Produktivitas Kangkung	Peningkatan Produktivitas Kangkung-Penurunan Produktivitas Kangkung
Peningkatan Produktivitas Kangkung	Talang Kangkung/100
Penurunan Produktivitas Kangkung	Gangguan Kangkung/100
Ulat Kangkung	RANDOM UNIFORM(1, 400 , 0 )

<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Penyakit Kangkung	100
Hama Kangkung	500
Gangguan Kangkung	(Hama Kangkung+Penyakit Kangkung+Ulat Kangkung)/Bibit Kangkung
Talang Kangkung	Kadar Air Kangkung/Bibit Kangkung
Bibit Kangkung	100
Air Kangkung	$8.16 * EC$ $Kangkung + 1.71 * Nutrisi$ $Kangkung + 4.90 * pH$ $Kangkung + 8.16 * Suhu$ $Kangkung$
Nutrisi Kangkung	RANDOM NORMAL( 500 , 1400 , 950 , 636 , 0 )
EC Kangkung	RANDOM NORMAL( 1.5 , 2 , 1.75 , 0.35 , 0 )
pH Kangkung	RANDOM NORMAL( 5.5 , 6.5 , 6 , 0.27 , 0 )



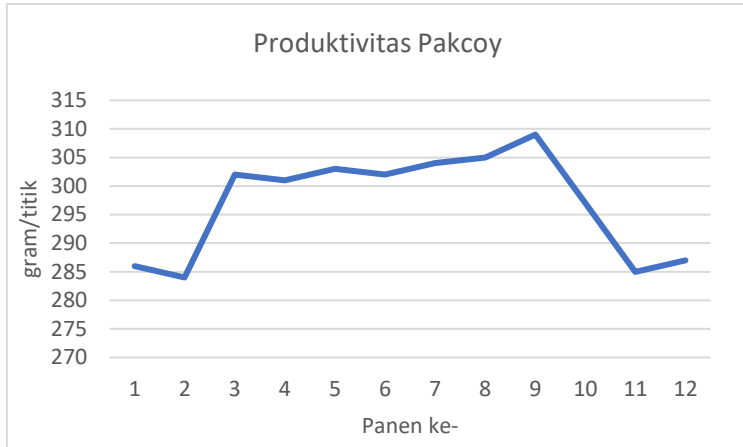
#### 4.4.3. Sub Model Pakcoy



**Gambar 4.6 Diagram Flow Pakcoy**

Pada Gambar 4.6 sama dengan nilai produktivitas dua sayuran sebelumnya, menghitung nilai produktivitas sayur pakcoy juga dipengaruhi faktor peningkatan dan penurunan produktivitas pakcoy. Untuk nilai dari variabel-variabel yang ada pada produktivitas pakcoy sedikit lebih mirip dengan produktivitas samhong, dikarenakan merupakan sayuran yang berjenis sawi-sawian.

Usia panen untuk pakcoy pun sama dengan dengan samhong. Jumlah panen pada tahun 2017 juga 12 kali panen. Grafik produktivitas sayur pakcoy dapat dilihat pada Gambar 4.7. Terlihat peningkatan produktivitas terjadi pada pertengahan tahun dan pada awal dan akhir tahun nilai produktivitas sedikit lebih rendah.



**Gambar 4.7 Produktivitas Pakcoy**

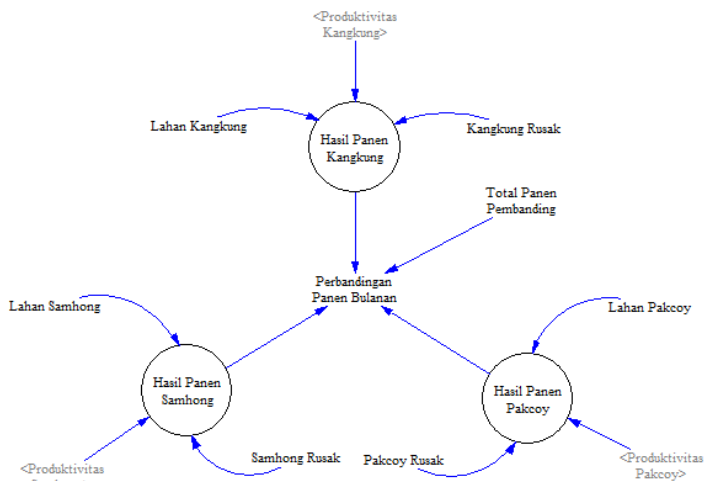
Rata-rata nilai produktivitas pakcoy dari Gambar 4.7 adalah 300 gram/titik tanam. Bentuk grafik dari produktivitas pakcoy sama bentuknya dengan dua grafik sayuran sebelumnya. Persamaan yang digunakan pada sub model produktivitas pakcoy pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

**Tabel 4.7 Formulasi Sub Model Pakcoy**

Variabel	Persamaan
Produktivitas Pakcoy	Peningkatan Produktivitas Pakcoy-Penurunan Produktivitas Pakcoy
Peningkatan Produktivitas Pakcoy	Talang Pakcoy/100
Rate Penurunan Produktivitas Pakcoy	Gangguan Pakcoy/100
Ulat Pakcoy	RANDOM UNIFORM(1, 300 , 0 )
Penyakit Pakcoy	200
Hama Pakcoy	250

<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Gangguan Pakcoy	$(\text{Hama Pakcoy} + \text{Penyakit Pakcoy} + \text{Ulat Pakcoy}) / \text{Bibit Pakcoy}$
Talang Pakcoy	$\text{Kadar Air Pakcoy} / \text{Bibit Pakcoy}$
Bibit Pakcoy	100
Air Pakcoy	$8.16 * \text{EC Pakcoy} + 1.71 * \text{Nutrisi Pakcoy} + 4.90 * \text{pH Pakcoy} + 8.16 * \text{Suhu Pakcoy}$
Nutrisi Pakcoy	RANDOM NORMAL( 500 , 1400 , 950 , 636 , 0 )
EC Pakcoy	RANDOM NORMAL( 1.5 , 2 , 1.75 , 0.35 , 0 )
pH Pakcoy	RANDOM NORMAL( 6.5 , 7 , 6.75 , 0.35 , 0 )
Suhu Pakcoy	RANDOM NORMAL( 24 , 27 , 25.5 , 2.1 , 0 )

#### 4.4.4. Sub Model Hasil Panen



**Gambar 4.8 Diagram Flow Hasil Panen Sayur**

Pada Gambar 4.8 sub model ini digunakan untuk menghitung hasil panen dari setiap sayuran yang ada pada sub model sebelumnya. Hasil panen didapatkan dari hasil perhitungan nilai produktivitas dikalikan dengan jumlah lahan dan dikurangi dengan sayur yang mengalami kerusakan. Sayur rusak disini merupakan sayur yang tidak bisa untuk dipasarkan.

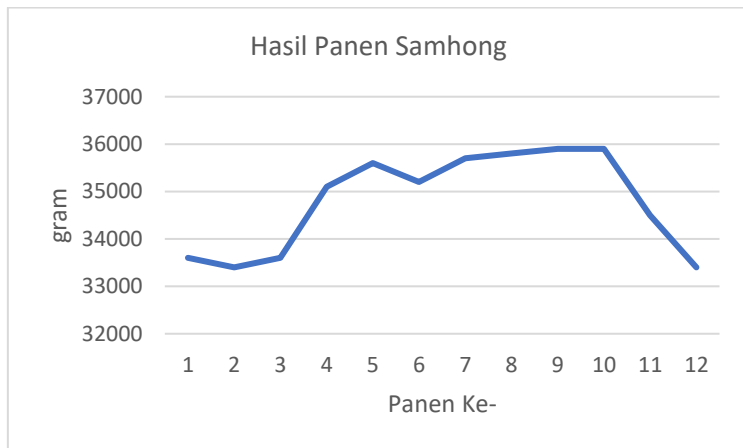
Sub model ini menampilkan hasil panen dari ketiga jenis sayuran yang menjadi objek studi kasus. Untuk persamaan yang digunakan pada sub model hasil panen sayur ini dapat dilihat pada Tabel 4.8 Formulasi Hasil Panen Sayur.

**Tabel 4.8 Formulasi Hasil Panen Sayur**

Variabel	Persamaan
Hasil Panen Samhong	$Lahan\ Samhong * Produktivitas\ Samhong - Samhong\ Rusak$

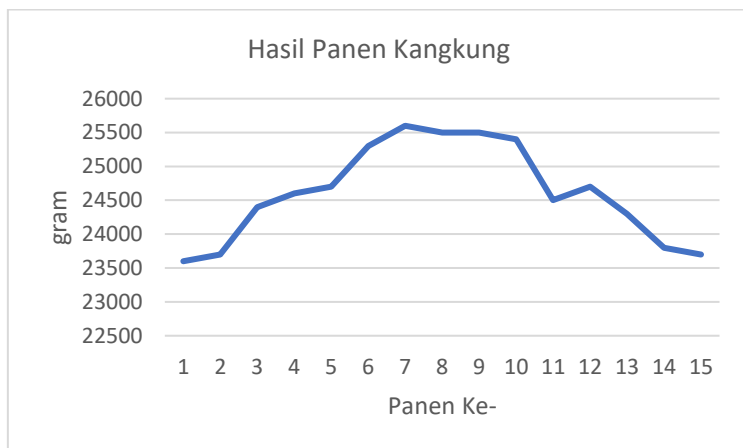
<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Produktivitas Samhong	Peningkatan Produktivitas Samhong-Penurunan Produktivitas Samhong
Lahan Samhong	125
Samhong Rusak	RANDOM NORMAL( 100 , 2500 , 1300 , 1697 , 0 )
Hasil Panen Kangkung	Lahan Kangkung*Produktivitas Kangkung-Kangkung Rusak
Produktivitas Kangkung	Peningkatan Produktivitas Kangkung-Penurunan Produktivitas Kangkung
Lahan Kangkung	100
Kangkung Rusak	RANDOM NORMAL( 100 , 2000 , 1050 , 1343 , 0 )
Hasil Panen Pakcoy	Lahan Pakcoy*Produktivitas Pakcoy-Pakcoy Rusak
Produktivitas Pakcoy	Peningkatan Produktivitas Pakcoy-Penurunan Produktivitas Pakcoy
Lahan Pakcoy	100
Pakcoy Rusak	RANDOM UNIFORM( 100 , 2500 , 0 )
Total Panen Pembanding	90000
Perbandingan Panen Bulanan	(Hasil Samhong+Hasil Kangkung+Hasil Pakcoy)/Total Panen Pembanding

Hasil panen dari setiap sayuran untuk setiap kali panen dapat dilihat pada grafik-grafik berikut ini.



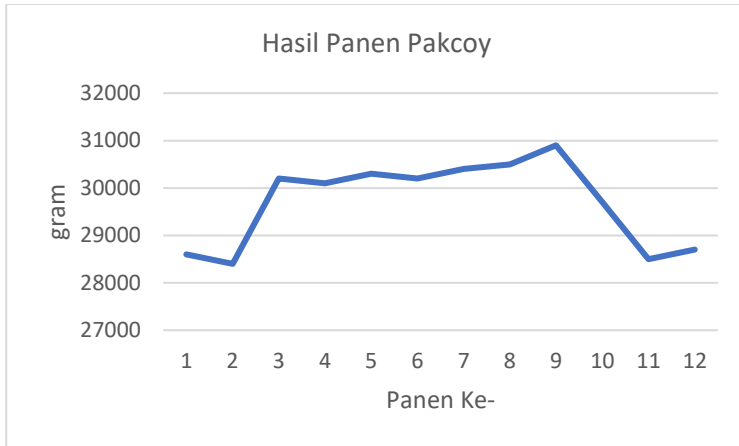
**Gambar 4.9 Grafik Hasil Panen Samhong**

Pada Gambar 4.9 hasil panen samhong untuk tahun 2017 sesuai dengan nilai produktivitasnya itu sendiri, untuk rata-rata sendiri sekitar 35000 gram (35 Kg) untuk tiap kali panen.



**Gambar 4.10 Grafik Hasil Panen Kangkung**

Sedangkan untuk sayur kangkung pada Gambar 4.10, hasil panen pada tahun 2017 rata-rata panen sekitar 25000 gram (25Kg).

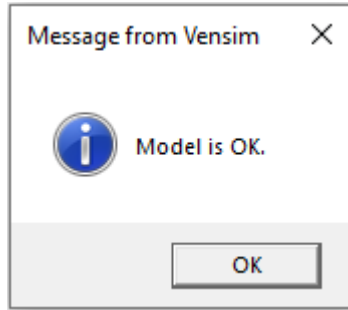


**Gambar 4.11 Grafik Hasil Panen Pakcoy**

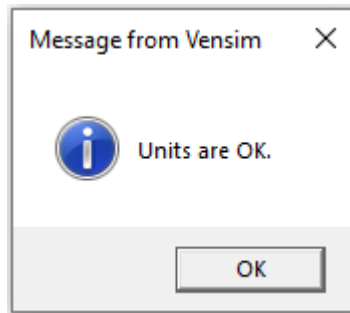
Terakhir untuk hasil panen sayur pakcoy berdasarkan Gambar 4.11, rata-rata hasil panen untuk setiap bulannya sekitar 30000 gram (30Kg).

#### 4.5. Verifikasi Model

Melakukan verifikasi model bertujuan untuk mengecek dan memastikan bahwa model konseptual yang telah dibuat pada vensim tidak terdapat error. Verifikasi model dinyatakan berhasil jika sudah tidak terdapat error saat running dan juga dilakukan cek model yang dinyatakan “Model is OK.” dan cek unit yang dinyatakan “Units are OK.” seperti pada Gambar 4.12 & Gambar 4.13 berikut ini.



**Gambar 4.12 Pop-up Check Model**



**Gambar 4.13 Pop-up Units Check**

Langkah lain yang juga dilakukan untuk melakukan verifikasi model yaitu dengan menampilkan grafik untuk setiap variabel ataupun juga menampilkan tabel nilai untuk masing-masing variabel, proses pengecekan ini bertujuan untuk memastikan sudah terbebas dari error. Jika semuanya sudah tidak ada error, maka model dinyatakan lolos verifikasi.

#### **4.6. Validasi Model**

Validasi model sendiri bertujuan untuk memastikan dan membandingkan nilai pada model sudah sesuai dengan nilai yang ada pada sistem nyata dan model sudah dapat diterima.



Validasi model dilakukan dengan dua cara pengujian, dengan membandingkan nilai rata-rata dan variasi data [13].

1. Perbandingan rata-rata (mean comparison)

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$\bar{S} = \text{nilai\_rata} - \text{rata\_hasil\_simulasi}$$

$$\bar{A} = \text{nilai\_rata} - \text{rata\_data}$$

**Persamaan 1. Mean Comparison (E1)**

Sumber : Multiple Test for Validation of Simulation Model

Model dianggap valid apabila  $E1 \leq 5\%$ .

2. Perbandingan variasi amplitudo (% error variance)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

$$Ss = \text{standard deviasi model}$$

$$Sa = \text{standard deviasi data}$$

**Persamaan 2. Error Variance (E2)**

Sumber : Multiple Test for Validation of Simulation Model

Model dianggap valid apabila  $E2 \leq 30\%$ .

4.6.1. Validasi Sub Model Samhong

Nilai Validasi sub model produktivitas samhong dengan membanding data asal dengan data simulasi, setelah menghitung nilai E1 dan E2 apakah sudah sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan untuk validasi. Untuk itu dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.9 Perbandingan Produktivitas Samhong**

Panen ke-	Asal (gram/titik)	Simulasi (gram/titik)
1	269	261.5934

Panen ke-	Asal (gram/titik)	Simulasi (gram/titik)
2	267	264.4188
3	269	275.6934
4	281	275.6715
5	285	271.9094
6	282	275.1281
7	286	264.1893
8	286	263.6703
9	287	271.3483
10	287	264.0481
11	276	281.6911
12	267	277.3718

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|270.56 - 278.46|}{278.46}$$

$$E1 = 0.028 \times 100\%$$

$$\mathbf{E1 = 2.8\%}$$

**Persamaan 3. E1 Produktivitas Samhong**

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

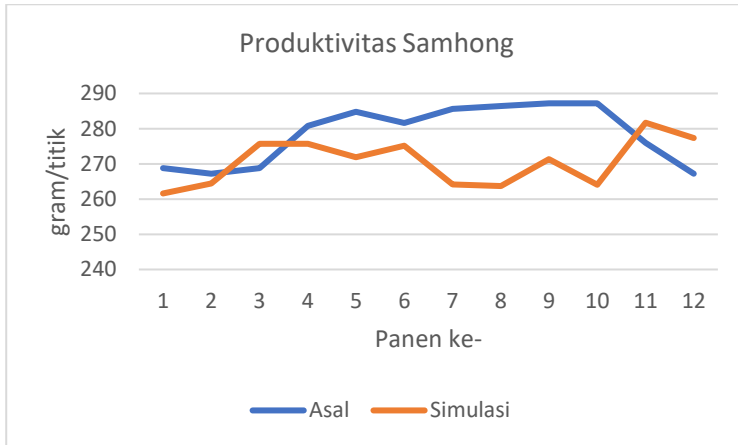
$$E2 = \frac{|6.70 - 8.35|}{8.35}$$

$$E2 = 0.197 \times 100\%$$

$$E2 = 19.7\%$$

#### Persamaan 4. E2 Produktivitas Samhong

Nilai E1 untuk produktivitas samhong sebesar 2.8% sudah dibawah 5% dan E2 sebesar 19.7% juga sudah dibawah 30%, maka model untuk produktivitas samhong dikatakan valid.



**Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Produktivitas Samhong**

Gambar 4.14 merupakan perbandingan antara data asal dan data simulasi, untuk rata-rata nilai produktivitas asal dan simulasi jaraknya tidak terlalu jauh berbeda. Bentuk grafik menunjukkan perbedaan antara data asal dan simulasi terjadi fluktuasi yang berbeda, namun masih terdistribusi secara normal. Walaupun bentuk grafik yang cukup berbeda, namun sub model produktivitas samhong telah dikatakan valid sesuai dengan perhitungan pada E1 dan E2 sebelumnya.

#### 4.6.2. Validasi Sub Model Kangkung

Validasi sub model produktivitas kangkung sama dengan sub model samhong sebelumnya, dengan membanding data asal dengan data simulasi, setelah menghitung nilai E1 dan E2 apakah sudah sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan untuk validasi. Untuk perbandingan dan perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut.

**Tabel 4.10 Perbandingan Produktivitas Kangkung**

<b>Panen ke-</b>	<b>Asal (gram/titik)</b>	<b>Simulasi (gram/titik)</b>
1	236	237.5931
2	237	234.1965
3	244	243.014
4	246	236.1342
5	247	247.6388
6	253	241.3646
7	256	232.6572
8	255	243.8684
9	255	250.3554
10	254	232.8927
11	245	238.9689
12	247	233.8887
13	243	239.142
14	238	246.8628
15	237	235.1081

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|239.57 - 246.20|}{246.20}$$

$$E1 = 0.026 \times 100\%$$

$$\mathbf{E1 = 2.6\%}$$

**Persamaan 5. E1 Produktivitas Kangkung**

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

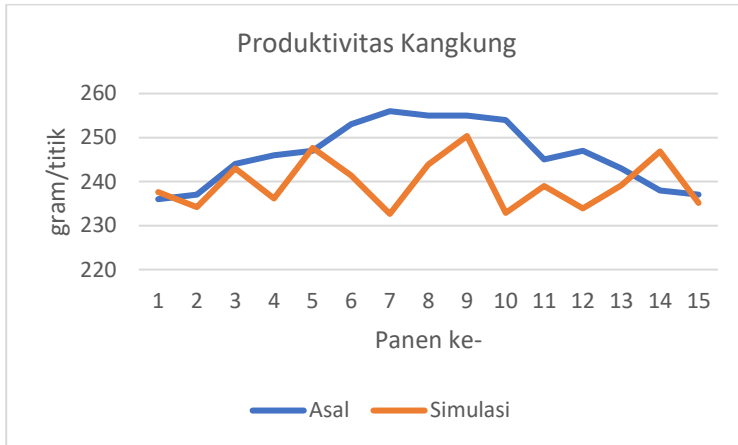
$$E2 = \frac{|5.71 - 7.15|}{7.15}$$

$$E2 = 0.200 \times 100\%$$

$$E2 = 20\%$$

#### Persamaan 6. E2 Produktivitas Kangkung

Nilai E1 untuk produktivitas kangkung sebesar 2.6% sudah dibawah 5% dan E2 sebesar 20% juga sudah dibawah 30%, maka model untuk produktivitas kangkung sudah dapat dikatakan valid.



**Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Produktivitas Kangkung**

Gambar 4.15 menggambarkan perbandingan antara data asal dan data simulasi dari produktivitas kangkung. Pada grafik terlihat bentuk antara data asli dan data simulasi cukup berbeda, namun sub model produktivitas kangkung sudah valid, dikarenakan untuk nilai  $E1 \leq 5\%$  dan  $E2 \leq 30\%$  sudah sesuai.

#### 4.6.3. Validasi Sub Model Pakcoy

Validasi sub model produktivitas pakcoy tentunya sama dengan dua sub model sebelumnya dengan membanding data asal

dengan data simulasi, setelah menghitung nilai E1 dan E2 apakah sudah sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan untuk validasi. Untuk itu perhitungan serta perbandingan pada sub model ini dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.11 Perbandingan Produktivitas Pakcoy**

<b>Panen ke-</b>	<b>Asal (gram/titik)</b>	<b>Simulasi (gram/titik)</b>
1	286	286.4405
2	284	288.8624
3	302	277.0689
4	301	296.2235
5	303	294.4052
6	302	287.3541
7	304	288.4944
8	305	300.0521
9	309	296.2869
10	297	291.4944
11	285	299.2173
12	287	285.3192

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|290.93 - 297.08|}{297.08}$$

$$E1 = 0.020 \times 100\%$$

$$\mathbf{E1 = 2\%}$$

**Persamaan 7. E1 Produktivitas Pakcoy**

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

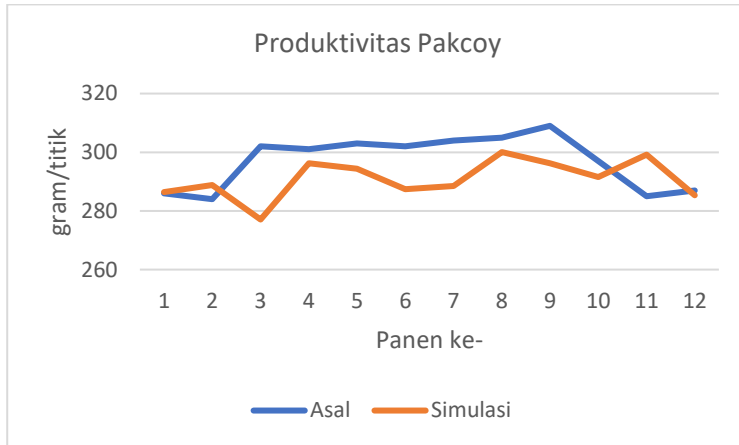
$$E2 = \frac{|6.65 - 9.00|}{9.00}$$

$$E2 = 0.260 \times 100\%$$

$$\mathbf{E2 = 26\%}$$

#### Persamaan 8. E2 Produktivitas Pakcoy

Nilai E1 untuk produktivitas Pakcoy sebesar 2.0% sudah dibawah 5% dan E2 sebesar 26% juga sudah dibawah 30%, maka model untuk produktivitas pakcoy sudah valid sesuai standar yang ada.



**Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Produktivitas Pakcoy**

Gambar 4.16 menunjukkan perbandingan nilai produktivitas pakcoy untuk data asal dan hasil simulasi. Pada grafik terlihat nilai produktivitas data asal dan hasil simulasi bentuk dari grafik sudah terlihat ada kemiripan, kenaikan terjadi pada pertengahan tahun.

#### 4.6.4. Validasi Sub Model Hasil Panen

Nilai Validasi sub model hasil panen juga dengan membanding data asal dengan data simulasi, namun yang dibandingkan ada

tiga jenis karena terdapat 3 macam sayuran. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

**Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Panen Samhong**

<b>Panen ke-</b>	<b>Asal (gram)</b>	<b>Simulasi (gram)</b>
1	33600	32699.17
2	33400	33052.36
3	33600	34461.68
4	35100	34458.93
5	35600	33988.68
6	35200	34391.02
7	35700	33023.66
8	35800	32958.78
9	35900	33918.54
10	35900	33006.02
11	34500	35211.39
12	33400	34671.48

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|33820 - 34808|}{34808}$$

$$E1 = 0.02 \times 100\%$$

$$\mathbf{E1 = 2\%}$$

**Persamaan 9. E1 Hasil Panen Samhong**

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$



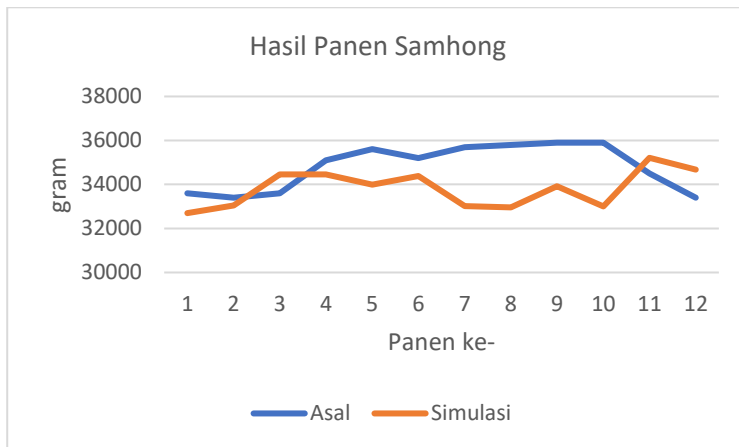
$$E2 = \frac{|838 - 1044|}{1044}$$

$$E2 = 0.19 \times 100\%$$

$$E2 = 19\%$$

#### Persamaan 10. E2 Hasil Panen Samhong

Nilai E1 yang didapatkan sebesar 2% sudah dibawah 5% dan untuk E2 sebesar 19% sudah dibawah 30%, nilai E1 dan E2 sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, maka model sudah dikatakan valid.



**Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Panen Samhong**

Pada Gambar 4.17 menunjukkan perbandingan hasil panen samhong data asal dibandingkan dengan data hasil simulasi, dari grafik terlihat perbedaan bentuk antara data asal dan data hasil simulasi, namun untuk nilai E1 dan E2 sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan model sudah valid.

Hasil panen kangkung berdasarkan data simulasi jika dibandingkan dengan data asal juga sudah sesuai untuk nilai E1 dan E2, lebih lengkapnya pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Panen Kangkung

Panen ke-	Asal	Simulasi
1	23600	23759.31
2	23700	23419.65
3	24400	24301.4
4	24600	23613.42
5	24700	24763.88
6	25300	24136.46
7	25600	23265.72
8	25500	24386.84
9	25500	25035.54
10	25400	23289.27
11	24500	23896.89
12	24700	23388.87
13	24300	23914.2
14	23800	24686.28
15	23700	23510.81

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|23957 - 24620|}{24620}$$

$$E1 = 0.02 \times 100\%$$

$$E1 = 2\%$$

Persamaan 11. E1 Hasil Panen Kangkung

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

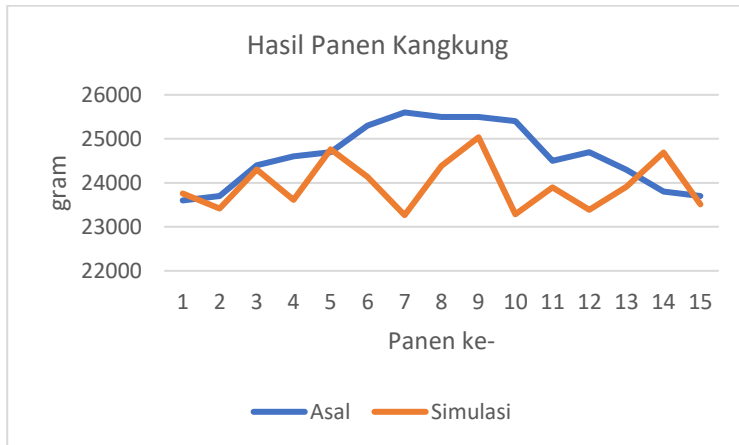
$$E2 = \frac{|571 - 715|}{715}$$

$$E2 = 0.20 \times 100\%$$

$$E2 = 20\%$$

**Persamaan 12. E2 Hasil Panen Kangkung**

Nilai E1 sebesar 2% sudah dibawah 5% dan untuk E2 sebesar 20% yang juga sudah dibawah 30% sesuai dengan standar yang ada, maka sudah valid.



**Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Panen Kangkung**

Gambar 4.18 merupakan perbandingan antara hasil panen kangkung asal dengan hasil simulasi, bentuk data simulasi sangat fluktuatif, namun untuk model sudah valid karena nilai E1 sudah <5% dan E2<30% yang menandakan nilai rata-rata antara data asal dan simulasi sudah mendekati.

Hasil panen pakcoy juga sudah berhasil divalidasi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

**Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Panen Pakcoy**

<b>Panen ke-</b>	<b>Asal (gram)</b>	<b>Simulasi (gram)</b>
1	28600	28644.05
2	28400	28886.24
3	30200	27706.89
4	30100	29622.35
5	30300	29440.52
6	30200	28735.41
7	30400	28849.44
8	30500	30005.21
9	30900	29628.69
10	29700	29149.44
11	28500	29921.73
12	28700	28531.92

$$E1 = \frac{[\bar{S} - \bar{A}]}{\bar{A}}$$

$$E1 = \frac{|29093 - 29708|}{29708}$$

$$E1 = 0.02 \times 100\%$$

$$E1 = 2\%$$

**Persamaan 13. E1 Hasil Panen Pakcoy**

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

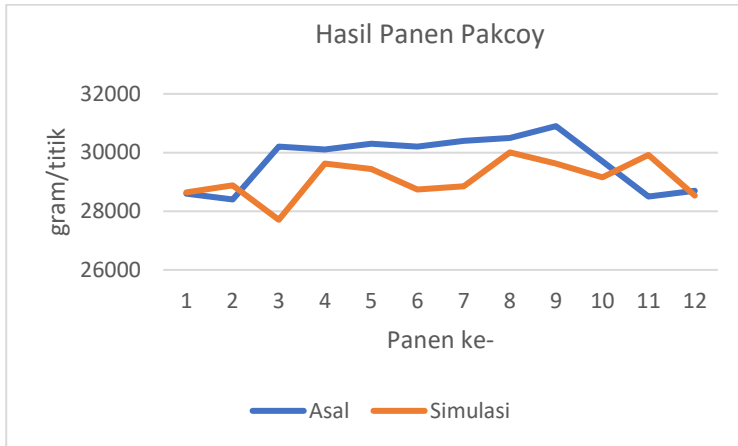
$$E2 = \frac{|665 - 900|}{900}$$

$$E2 = 0.26 \times 100\%$$

$$E2 = 26\%$$

**Persamaan 14. E2 Hasil Panen Pakcoy**

Nilai E1 yang didapat sebesar 2% yang sudah dibawah 5% dan juga untuk nilai E2 sebesar 26% yang sudah dibawah 30%, maka sudah dikatakan valid.



**Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Panen Pakcoy**

Gambar 4.19 merupakan perbandingan antara hasil panen pakcoy data asal dengan data simulasi, bentuk grafik sudah menunjukkan pola yang sama. Hasil panen meningkat pada pertengahan tahun serta agak menurun pada awal dan akhir tahun.

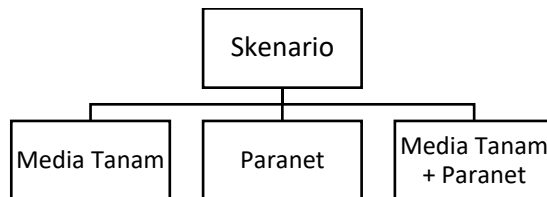
## **BAB V**

### **PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL**

Bab ini menjelaskan pembuatan dan pengembangan skenario model yang diharapkan dapat digunakan untuk memperbaiki kondisi sistem yang ada sebelumnya, agar tujuan yang akan dicapai dapat berhasil dengan adanya model skenario yang dibuat. Dari beberapa model skenario yang dibuat kemudian dilakukan analisis untuk memilih skenario yang paling sesuai.

#### **5.1. Pengembangan Skenario**

Setelah model yang telah dibuat sebelumnya dinyatakan valid, dilanjutkan dengan tahap pengembangan skenario. Dalam pengembangan skenario waktu diperpanjang untuk satu tahun kedepan, panen yang sebelum 12 kali dibuat menjadi 24 kali atau kali 2 panen sebelumnya. Pengembangan skenario yang digunakan yaitu skenario struktur yang dilakukan dengan cara merubah struktur model pada variabel-variabel yang berpengaruh terhadap tujuan simulasi. Berikut pada Gambar 5.1 pengembangan skenario yang akan dibuat.



**Gambar 5.1 Bagan Pengembangan Skenario**

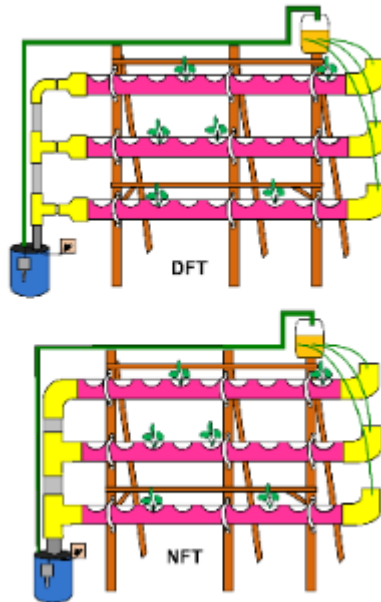
## 5.2. Skenario Struktur

Pengembangan skenario yang dilakukan yaitu dengan cara berikut ini :

1. Media Tanam, penambahan variabel media tanam yang nantinya akan berpengaruh terhadap nilai produktivitas setiap sayuran, yang diharapkan dapat meningkatkan nilai dari produktivitasnya.
2. Paraset, penambahan variabel paraset yang bertujuan untuk dapat mengurangi gangguan yang terjadi pada sayuran.
3. Gabungan, penambahan variabel media tanam dan paraset digabungkan menjadi satu model skenario.

### 5.2.1. Skenario Media Tanam

Ada berbagai jenis teknik budidaya tanam yang digunakan dalam pertanian hidroponik, yang paling sering digunakan ada dua yaitu sistem Deep Flow Technique (DFT) dan Nutrient Film Technique (NFT). DFT adalah salah satu teknik pengairan dalam hidroponik yang digunakan dengan cara meletakkan akar tanaman dilapisan air dengan kedalaman 4-6 cm, kedalaman air nutrisi sekitar  $\frac{1}{2}$  atau  $\frac{1}{4}$  bagian talang (air tergenang). Sedangkan NFT adalah model budidaya hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air yang dangkal 0.5-1 cm [14], akar tanaman tidak semuanya terendam didalam air nutrisi, yang diharapkan mampu mengambil oksigen untuk pertumbuhan (lapisan nutrisi). NFT memiliki kelebihan asupan oksigen yang lebih banyak sehingga pertumbuhan bisa lebih maksimal, namun juga tentunya memiliki beberapa kekurangan, yang paling mencolok yaitu harusnya dialiri listrik 24 jam agar nutrisi dapat terus-menerus dialirkan, berbeda dengan DFT yang adanya genangan air nutrisi jika terjadi pemadaman listrik.



**Gambar 5.2 Bentuk instalalasi DFT dan NFT**

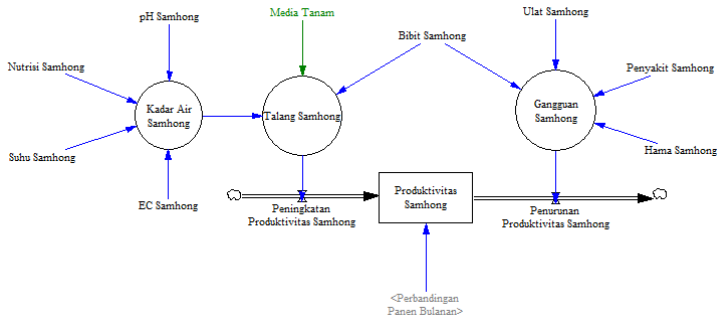
Sumber : Daun Ijo, Cara Membuat Rak Hidroponik Pipa Sistem DFT-NFT

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat perbedaan antar DFT dan NFT. Teknik yang digunakan sebelumnya yaitu DFT tanpa menggunakan media tanam. Untuk itu kedepannya akan dicoba penerapan NFT dengan menggunakan media tanam. Hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman akan lebih baik jika sistem hidroponik menggunakan media tanam [15]. Bobot yang diukur dari daun tanaman, karena dengan meningkatnya jumlah daun tanaman maka akan secara otomatis meningkatkan berat segar tanaman, karena daun merupakan sink bagi tanaman [16]. Selain itu daun pada tanaman sayuran merupakan organ yang banyak mengandung air, sehingga dengan jumlah daun yang semakin banyak maka kadar air tanaman akan tinggi dan menyebabkan berat segar tanaman semakin tinggi pula [17]. Pemilihan media tanam untuk pengembangan kedepannya,



dikarenakan lebih mudah serta tidak memerlukan perubahan menyeluruh pada bentuk instalasi yang sudah ada sesuai pada Gambar 5.2 dan biaya yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

Berikut Gambar 5.3 penerapan yang dilakukan pada model produktivitas samhong.



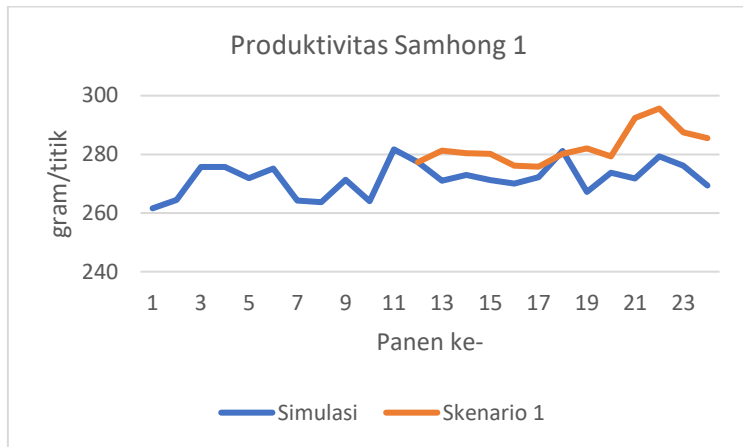
**Gambar 5.3 Skenario Media Tanam Samhong**

Penambahan variabel media tanam mengarah pada auxiliary talang samhong, karena pada kondisi nyatanya media tanam dipasang pada talang samhong agar disekitar akar terbentuk lapisan tipis (film) larutan nutrisi sebagai makanan tanaman, yang nantinya diharapkan dapat menaikkan nilai rate produktivitas samhong. Persamaan yang digunakan dalam skenario struktur penerapan media tanam pada sayur samhong dapat dilihat pada Tabel 5.1 dibawah ini.

**Tabel 5.1 Formulasi Skenario 1 Samhong**

Variabel	Persamaan
Media Tanam	1
Talang Samhong	$(Kadar\ Air\ Samhong / Bibit\ Samhong) * IF\ THEN\ ELSE($ $Media\ Tanam = 1 ,$ $RANDOM\ NORMAL( 2.36$ $, 3.56 , 2.83 , 0.63 , 0 ) , 1 )$

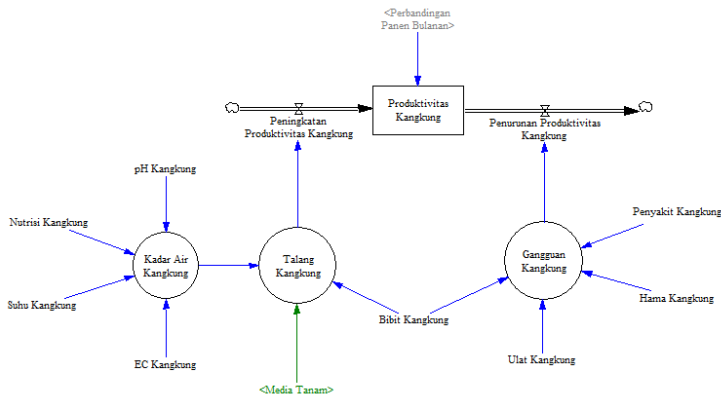
Persamaan yang ditulis hanya tambahan variabel baru saja, karena persamaan untuk model yang lama tetap sama semua. Penambahan variabel baru media tanam diharapkan dapat menaikkan nilai rate peningkatan produktivitas samhong. Untuk melihat perbandingan antara model samhong yang lama dan model samhong skenario media tanam dibawah ini.



**Gambar 5.4 Grafik Media Tanam Samhong**

Pada Gambar 5.4 terlihat perbandingan produktivitas samhong sebelum dan sesudah ditambahkan variabel media tanam sudah terdapat kenaikan. Kenaikain untuk nilai produktivitas juga sudah selalu meningkat untuk tiap kali panen berikutnya.

Berikut untuk sayur kangkung juga ditambahkan variabel media tanam yang merupakan pengembangan skenario struktur. Untuk sub model kangkung dapat dilihat pada Gambar 5.5 model skenario pertama untuk model produktivitas kangkung setelah ditambahkan variabel media tanam model sebagai berikut.



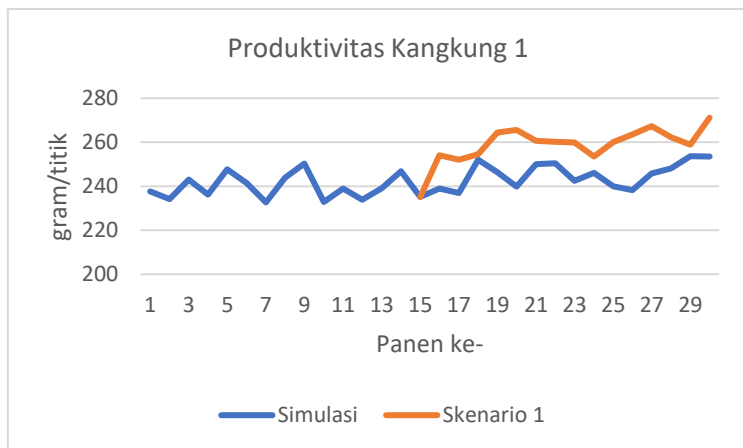
**Gambar 5.5 Skenario Media Tanam Kangkung**

Penambahan variabel pada skenario kangkung sama seperti sebelumnya. Persamaan yang digunakan untuk skenario media tanam kangkung pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2 Formulasi Skenario 1 Kangkung**

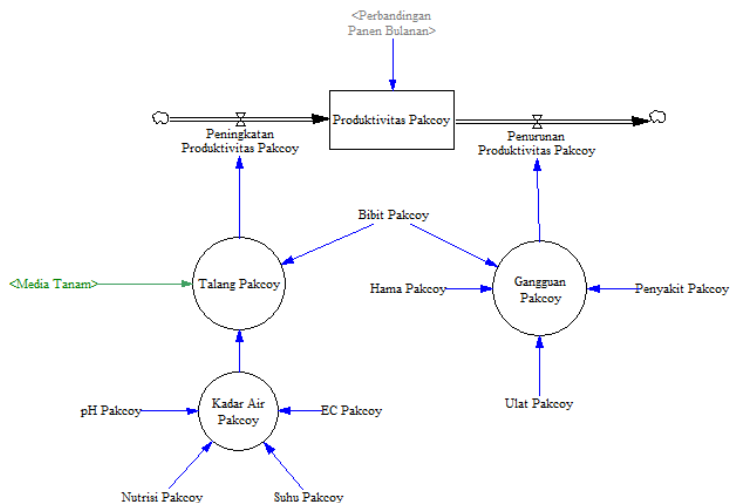
Variabel	Persamaan
Media Tanam	1
Talang Kangkung	$(Kadar\ Air\ Kangkung / Bibit\ Kangkung) * IF\ THEN\ ELSE( Media\ Tanam = 1, RANDOM\ NORMAL( 2.36, 3.56, 2.83, 0.63, 0 ), 1 )$

Persamaan yang ditulis untuk skenario ini juga hanya variabel baru yang ditambahkan saja, nilai yang untuk variabel tersebut juga sama seperti pada sebelumnya. Untuk dapat melihat dampak dari penambahan variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.6.



**Gambar 5.6 Grafik Media Tanam Kangkung**

Gambar 5.6 menunjukkan perbandingan antara produktivitas kangkung pada model lama dan produktivitas kangkung untuk model skenario sudah mengalami peningkatan, yang menunjukkan nilai produktivitas kangkung selalu berada diatas produktivitas simulasi basemodelnya.



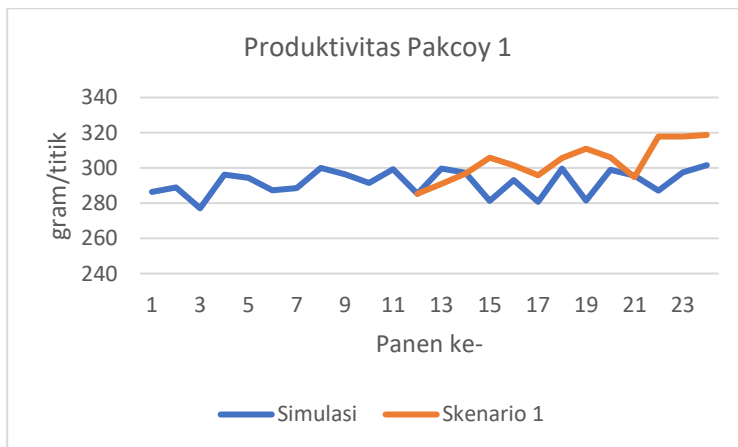
**Gambar 5.7 Skenario Media Tanam Pakcoy**

Penambahan media tanam pada Gambar 5.7 sama halnya pada dua model skenario sebelumnya, dikarenakan untuk ketiga model ini sebenarnya sama. Hanya saja untuk nilai parameter setiap variabel yang berbeda. Persamaan yang digunakan untuk model skenario produktivitas pakcoy pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

**Tabel 5.3 Formulasi Skenario 1 Pakcoy**

Variabel	Persamaan
Media Tanam	1
Talang Pakcoy	(Kadar Air Pakcoy/Bibit Pakcoy)*IF THEN ELSE( Media Tanam = 1 , RANDOM NORMAL( 2.36 , 3.56 , 2.83 , 0.63 , 0 ) , 1 )

Persamaan yang ditulis hanya sebagian saja, karena sebagian besar persamaan yang digunakan sama dengan sebelumnya. Untuk melihat dampak dari perubahan yang terjadi pada model skenario dapat dilihat pada Gambar 5.8.



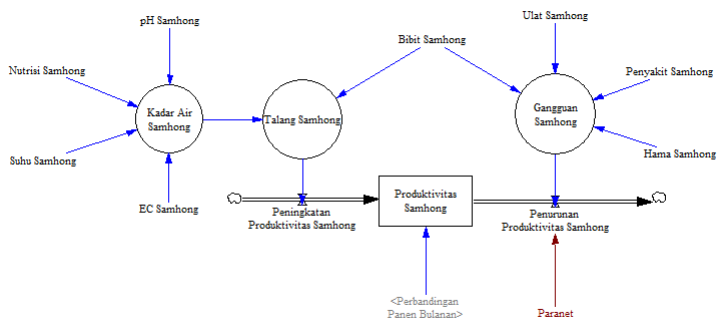
**Gambar 5.8 Grafik Media Tanam Pakcoy**

Gambar 5.8 produktivitas pakcoy diatas menunjukkan model skenario media tanam sudah memberikan dampak yang dapat menaikkan nilai produktivitas dari sayur pakcoy.

### 5.2.2. Skenario Paranet

Budidaya tanaman hidroponik dilahan terbuka memiliki banyak kendala, seperti hama, kelembapan, cahaya, angin, banjir, faktor iklim lain dan berbagai gangguan dari luar. Dampaknya adalah dapat mengganggu pertumbuhan tanaman sehingga mempengaruhi produktivitas [18]. Budidaya tanaman dengan greenhouse merupakan cara terbaik yang dapat digunakan untuk mengontrol kendala tersebut, namun biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan greenhouse tidaklah sedikit. Untuk itu beberapa pertanian hidroponik yang masih berkembang mencari cara alternatif lain untuk menggantikan greenhouse, yaitu dengan menggunakan jaring (paranet). Menggunakan paranet yang harganya jauh lebih murah dibandingkan dari biaya pembuatan greenhouse. Paranet sudah dapat mengontrol hama dan juga penyakit yang dapat menyerang tanaman dari luar. Tentunya penggunaan paranet menjadi alternatif yang menarik untuk dapat digunakan.

Berikut Gambar 5.9 merupakan bentuk model skenario penerapan paranet pada model produktivitas samhong.



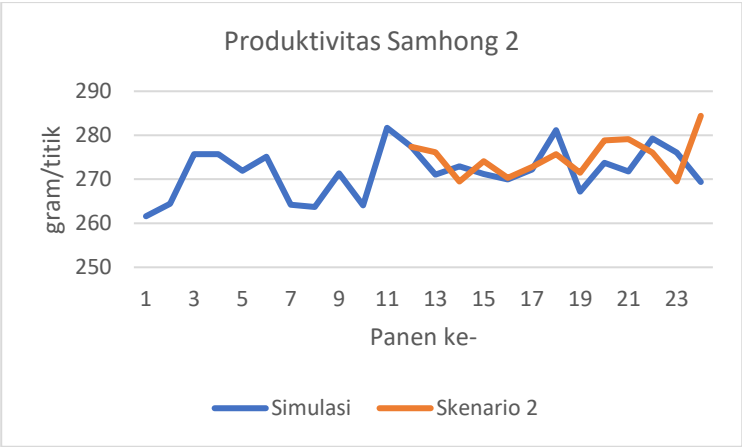
**Gambar 5.9 Skenario Paranet Samhong**

Penerapan paranet pada model bertujuan untuk menurunkan mengurangi gangguan yang dapat terjadi, yang nantinya dengan sedikitnya gangguan yang terjadi nilai dari penurunan produktivitas samhong semakin kecil dan untuk produktivitas dapat naik. Persamaan yang digunakan untuk variabel paranet pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Formulasi Paranet Samhong

Variabel	Persamaan
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Samhong	$(Gangguan\ Samhong/100)*IF\ THEN\ ELSE(Paranet = 1, RANDOM\ NORMAL(0.01, 0.5, 0.26, 0.34, 1), 1)$

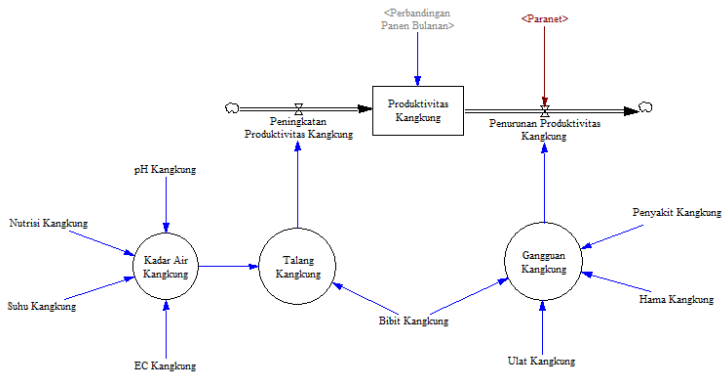
Persamaan yang ditampilkan disini hanya persamaan yang berubah dari model awal saja, karena semua persamaan sama seperti sebelumnya tidak ada yang berubah, jadi tidak perlu ditampilkan. Dampak penambahan variabel paranet terhadap produktivitas samhong dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Paranet Samhong

Gambar 5.10 menampilkan perbandingan antara penggunaan paranet dan tanpa paranet. Pada grafik terlihat dengan menggunakan paranet nilai produktivitas samhong ada yang mengalami kenaikan dibandingkan tanap paranet. Hal ini wajar terjadi, karena untuk gangguan tanaman tidak terlalu sering terjadi.

Berikut Gambar 5.11 model skenario paranet untuk sayuran kangkung setelah ditambahkan variabel paranet.



**Gambar 5.11 Skenario Paranet Kangkung**

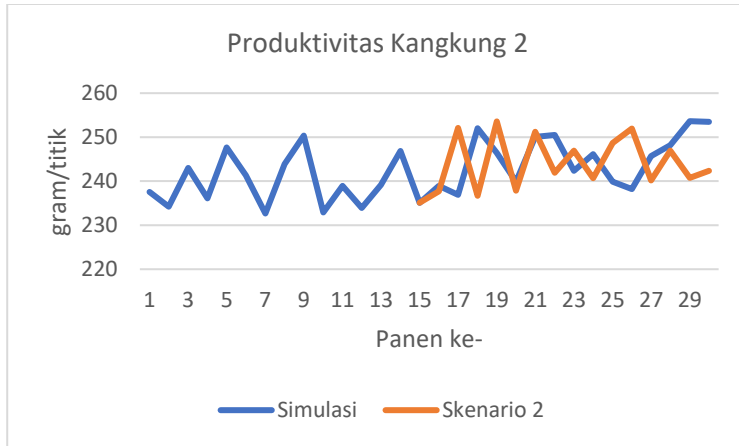
Penambahan variabel paranet pada model sama dengan model samhong sebelumnya. Variabel dihubungkan gangguan dan penurunan produktivitas. Untuk persamaan yang digunakan pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

**Tabel 5.5 Formulasi Paranet Kangkung**

Variabel	Persamaan
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Kangkung	$(Gangguan\ Kangkung/100)*IF\ THEN$ $ELSE( Paranet = 1,$ $RANDOM\ NORMAL(0.01,$ $0.5 , 0.26 , 0.34, 1) , 1 )$



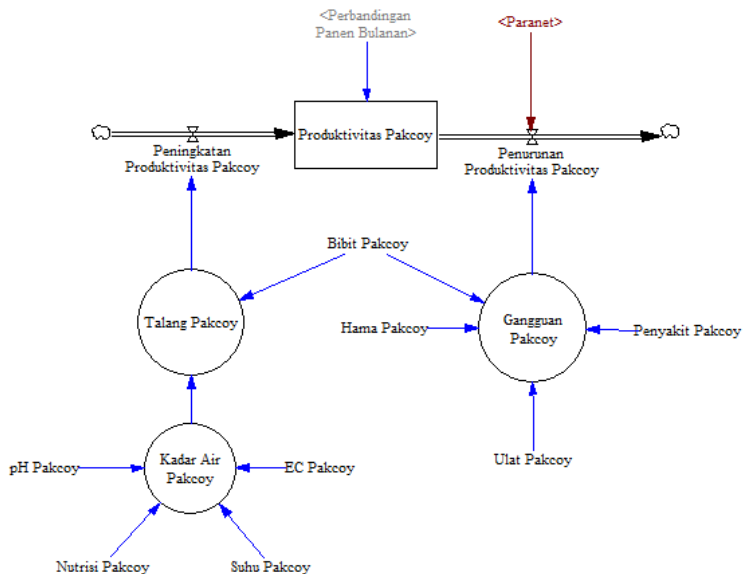
Dengan ditambahkan variabel paranet diharapkan dapat menurunkan nilai dari penurunan produktivitas kangkung. Untuk melihat dampak yang terjadi pada model sebagai berikut pada grafik dibawah ini.



**Gambar 5.12 Grafik Paranet Kangkung**

Gambar 5.12 menunjukkan produktivitas kangkung antara sebelum dan sesudah penggunaan paranet sangat fluktuatif, hal ini terjadi dikarenakan untuk variabel-variabel pada gangguan tanaman nilai setiap parameter variabelnnya menggunakan data random.

Berikutnya pada sayur pakcoy juga ditambahkan variabel paranet. Penerapan variabel paranet dihubungkan pada penurunan produktivitas pakcoy yang bertujuan untuk dapat menagkal serangan atau gangguan dari luar yang dapat merusak tanaman, terutama ulang dan serangggan. Untuk dapat melihat penerapan skenario paranet pada sayur pakcoy dapat dilihat pada Gambar 5.13 yang menggambarkan bentuk model skenario paranet untuk pakcoy.



**Gambar 5.13 Skenario Paranet Pakcoy**

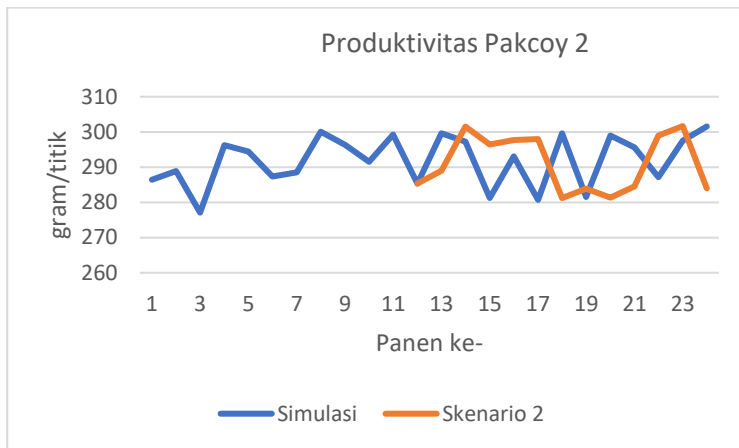
Penerapan variabel paranet sama dengan 2 model skenario yang sebelumnya, terlihat dari bentuk variabel paranet yang merupakan variabel bayangan yang diambil dari layar lain pada vensim. Berikut Tabel 5.6 persamaan yang digunakan pada model skenario paranet untuk pakcoy.

**Tabel 5.6 Formulasi Paranet Pakcoy**

Variabel	Persamaan
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Pakcoy	$(\text{Gangguan Pakcoy}/100) * \text{IF THEN ELSE}(\text{Paranet} = 1, \text{RANDOM NORMAL}(0.01, 0.5, 0.26, 0.34, 1), 1)$

Persamaan yang dituliskan hanya sebagian saja, dikarenakan semua variabel yang lain persamaan sama dengan sebelumnya.

Untuk melihat dampak dari perubahan model skenario paranet pada pakcoy dapat dilihat pada Gambar 5.14.

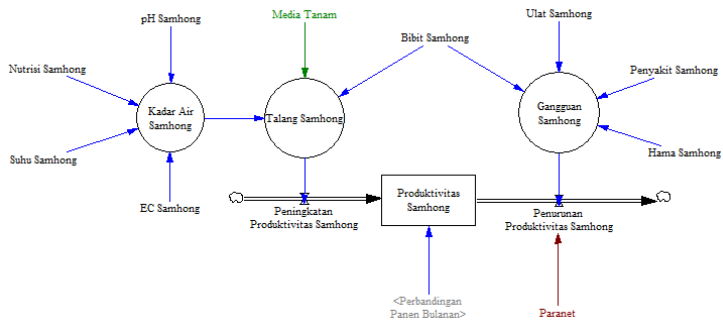


**Gambar 5.14 Grafik Paranet Pakcoy**

Pada grafik terlihat perbandingan antara sebelum penggunaan paranet dan sesudahnya. Nilai produktivitas pakcoy terjadi naik-turun yang disebabkan nilai random yang diberikan pada setiap parameter variabel gangguan tanaman.

### 5.2.3. Skenario Gabungan Media Tanam dan Paranet

Skenario berikutnya yang digunakan yaitu dengan menggabungkan skenario 1 dan 2 kedalam satu model skenario. Yang nantinya diharapkan efek positif dari kedua skenario tersebut dapat diakumulasikan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas sayur secara signifikan. Untuk penerapan pada model sama persis seperti model skenario 1 dan 2. Untuk lebih jelasnya penerapan kedua skenario tersebut pada model dapat dilihat pada Gambar 5.15 yang menampilkan model skenario 3 untuk produktivitas samhong.



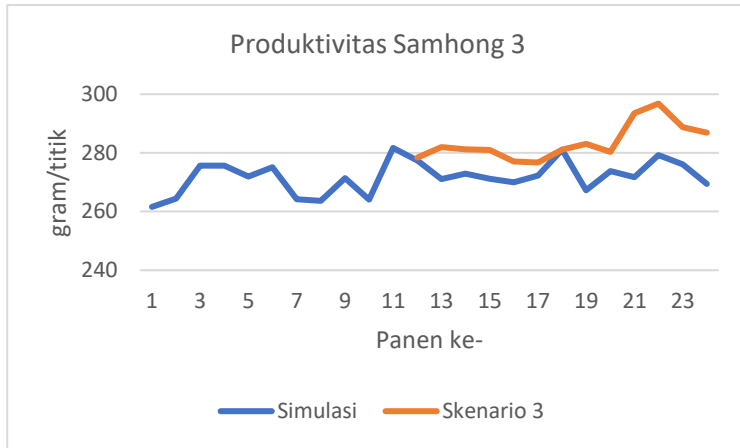
**Gambar 5.15 Skenario Gabungan Samhong**

Variabel media tanam dan variabel paranet diterapkan pada satu model yang sama. Persamaan yang digunakan pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

**Tabel 5.7 Formulasi Gabungan Samhong**

Variabel	Persamaan
Media Tanam	1
Talang Samhong	$(\text{Kadar Air Samhong}/\text{Bibit Samhong}) * \text{IF THEN ELSE}(\text{Media Tanam} = 1, \text{RANDOM NORMAL}(2.36, 3.56, 2.83, 0.63, 0), 1)$
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Samhong	$(\text{Gangguan Samhong}/100) * \text{IF THEN ELSE}(\text{Paranet} = 1, \text{RANDOM NORMAL}(0.01, 0.5, 0.26, 0.34, 1), 1)$

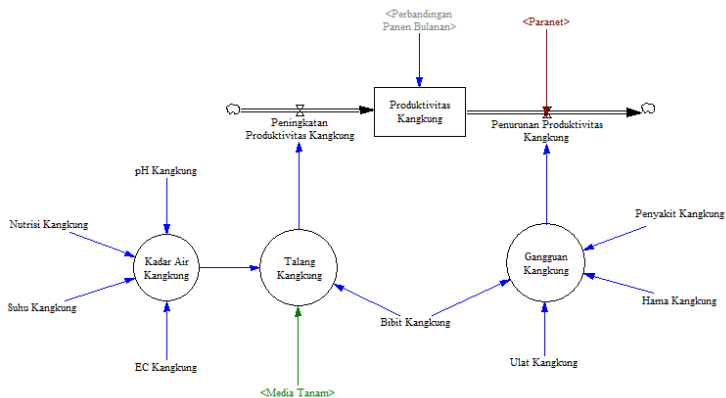
Persamaan yang ditampilkan disini hanya persamaan untuk dua variabel baru yang digunakan. Dampak dari penerapan kedua variabel tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



**Gambar 5.16 Grafik Gabungan Samhong**

Gambar 5.16 diatas menunjukkan nilai produktivitas samhong pada skenario gabungan selalu berada diatas sebelum diterapkannya skenario tersebut dan rata-rata selalu meningkat untuk nilai panen berikutnya.

Berikut Gambar 5.17 model skenario gabungan pada produktivitas kangkung.



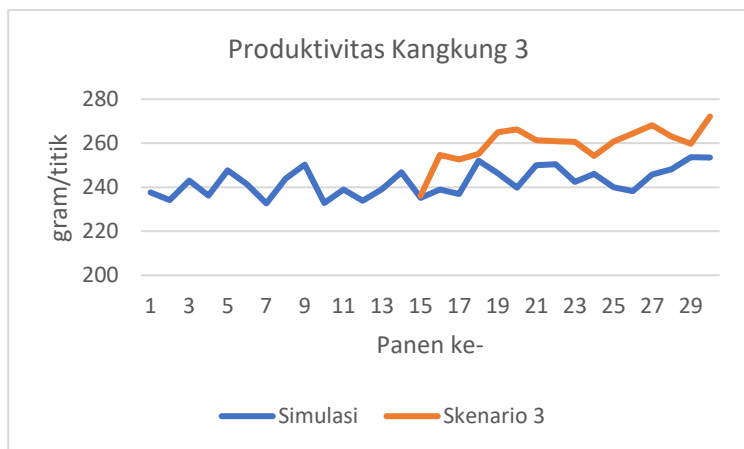
**Gambar 5.17 Skenario Gabungan Kangkung**

Sama halnya dengan model skenario gabungan samhong. Perbedaan hanya terletak pada nilai parameternya. Persamaan yang digunakan pada Tabel 5.8 berikut ini.

**Tabel 5.8 Formulasi Gabungan Kangkung**

<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Media Tanam	1
Talang Kangkung	(Kadar Air Kangkung/Bibit Kangkung)*IF THEN ELSE( Media Tanam = 1 , RANDOM NORMAL( 2.36 , 3.56 , 2.83 , 0.63 , 0 ) , 1 )
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Kangkung	(Gangguan Kangkung/100)*IF THEN ELSE( Paranet = 1, RANDOM NORMAL( 0.01, 0.5 , 0.26 , 0.34, 1 ) , 1 )

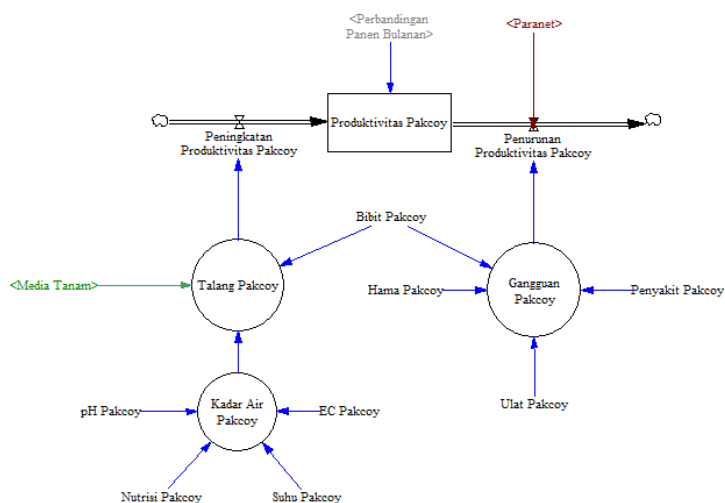
Persama yang ditampilkan juga hanya untuk kedua variabel dan variabel terhubung langsung dengan kedua variabel tersebut. Dari penerapan kedua variabel tersebut tentunya memberikan dampak terhadap produktivitas kangkung. Dampak yang diharapkan dari penerapan kedua skenario tersebut dapat menaikkan nilai produktivitas kangkung untuk setiap kali panennya. Untuk melihat dampak yang terjadi dengan penerapan model skenario gabungan tersebut seperti pada Gambar 5.18.



**Gambar 5.18 Grafik Gabungan Kangkung**

Pada Gambar 5.18 menunjukkan produktivitas kangkung juga selalu meningkat dan nilai produktivitas model skenario gabungan berada diatas untuk setiap kali panen.

Selanjutnya model skenario gabungan produktivitas pakcoy.



**Gambar 5.19 Skenario Gabungan Pakcoy**

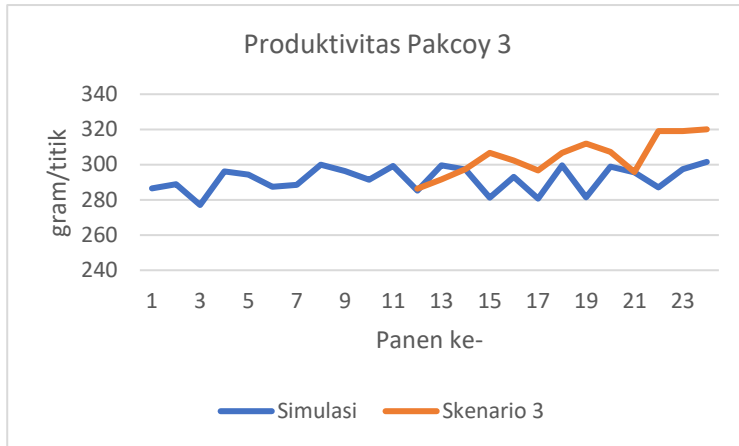
Pada Gambar 5.19 dapat terlihat, penerapan kedua variabel baru pada model skenario sama seperti penerapan pada skenario 1 dan 2. Persamaan yang digunakan pada Tabel 5.9 berikut ini.

**Tabel 5.9 Formulasi Gabungan Pakcoy**

<b>Variabel</b>	<b>Persamaan</b>
Media Tanam	1
Talang Pakcoy	(Kadar Air Pakcoy/Bibit Pakcoy)*IF THEN ELSE( Media Tanam = 1 , RANDOM NORMAL( 2.36 , 3.56 , 2.83 , 0.63 , 0 ) , 1 )
Paranet	1
Penurunan Produktivitas Pakcoy	(Gangguan Pakcoy/100)*IF THEN ELSE( Paranet = 1, RANDOM NORMAL( 0.01, 0.5 , 0.26 , 0.34, 1 ) , 1 )

Untuk persamaan yang digunakan juga sama seperti skenario 1 dan 2. Penggabungan 2 skenario ini diharapkan dapat meningkat nilai produktivitas pakcoy, karena dengan media tanam diharapkan dapat menaikkan nilai rate peningkatan produktivitas pakcoy dan dengan paranet diharapkan dapat mengurangi nilai rate penurunan produktivitas pakcoy. Sama halnya dengan 2 sub model sebelumnya penerapan kedua skenario tersebut sekaligus untuk dapat melihat nilai akumulasi dari tiap variabel terhadap produktivitas pakcoy. Dampak yang terjadi dengan penerapan model skenario gabungan pada pakcoy dapat dilihat pada gambar Gambar 5.20.





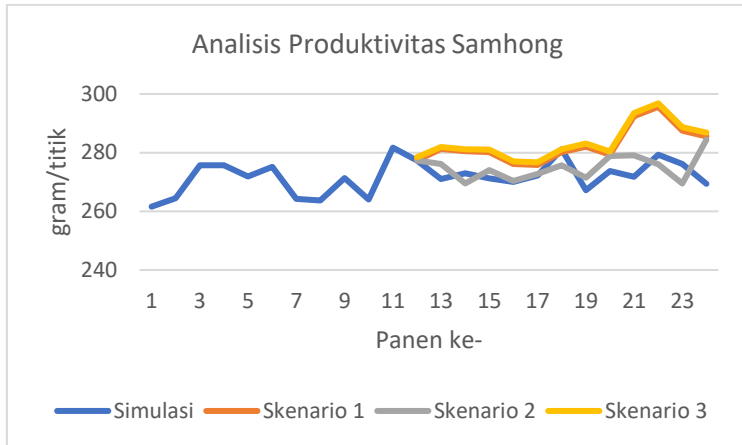
**Gambar 5.20 Grafik Gabungan Pakcoy**

Pada Gambar 5.20 dapat terlihat grafik perbandingan antara sebelum dan sesudah penerapan skenario gabungan dapat terlihat nilai produktivitas pakcoy selalu berada diatas. Untuk rata-rata produktivitasnya akan dihitung pada sub bab selanjutnya.

### 5.3. Analisis Hasil Skenario

Pada bagian sub bab ini dilakukan analisis dengan cara membandingkan model-model skenario yang telah dibuat, mulai dari skenario media tanam, paranet dan juga gabungan. Nilai produktivitas dan hasil panen setiap sayuran dibandingkan untuk setiap skenario pada tiap kali panen dan juga untuk nilai rata-rata yang dihasilkan. Tujuan dilakukan analisis adalah untuk menentukan hasil skenario yang paling optimal diantara 3 skenario yang telah dibuat.

### 5.3.1. Analisis Produktivitas Samhong



**Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Produktivitas Samhong**

Dari Gambar 5.21 dapat dilihat skenario yang menghasilkan nilai produktivitas samhong paling tinggi dibandingkan skenario lain adalah skenario 3, yaitu skenario gabungan antara media tanam dan paranet. Dimana dengan skenario tersebut dapat meningkatkan nilai rate peningkatan produktivitas samhong dan menurunkan nilai penurunan produktivitas samhong sekaligus. Untuk nilai produktivitas setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10 Perbandingan Skenario Produktivitas Samhong**

Panen ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
13	281.2463	276.11984	281.93859
14	280.4441	269.49375	281.18184
15	280.2108	274.07691	281.01584
16	276.1798	270.31141	277.05225
17	275.7865	272.77119	276.70984
18	280.1226	275.69125	281.11200

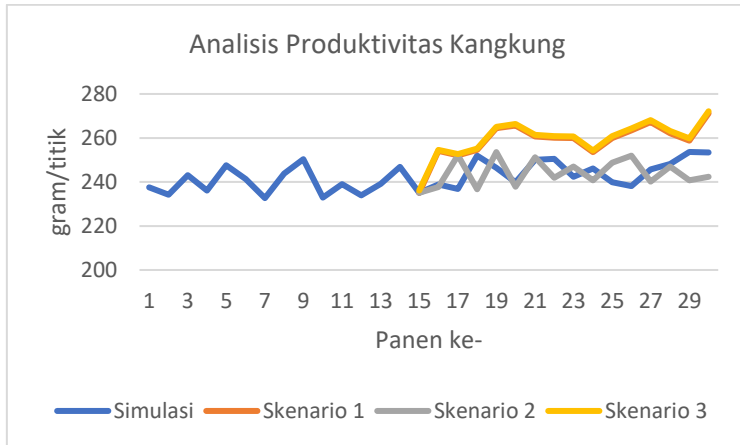
<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
19	282.0268	271.48831	283.07647
20	279.2769	278.81613	280.37841
21	292.3623	279.1195	293.51788
22	295.6088	276.04466	296.80934
23	287.4507	269.51303	288.69469
24	285.5515	284.41578	286.86109
<b>Rata-rata</b>	<b>283.0223</b>	<b>274.82181</b>	<b>284.02902</b>

**Tabel 5.11 Rata-rata Produktivitas Samhong**

<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Produktivitas (gram/titik)</b>
1	Media Tanam	283
2	Paranet	274
3	Gabungan	284

Dari Tabel 5.11 rata-rata produktivitas samhong yang paling tinggi dihasilkan skenario 3 adalah sebesar 284 gram/titik tanam. Lebih tinggi dibandingkan skenario 1 dan 2. Maka dapat bisa disimpulkan skenario yang paling optimal adalah skenario gabungan.

### 5.3.2. Analisis Produktivitas Kangkung



**Gambar 5.22 Grafik Perbandingan Produktivitas Kangkung**

Berdasarkan Gambar 5.22, skenario yang grafik peningkatan produktivitas paling tinggi terhadap produktivitas kangkung adalah skenario 3. Dimana nilai peningkatan produktivitas kangkung dapat ditingkatkan dan untuk gangguan pada penurunan produktivitas kangkung dapat diminimalisir. Untuk nilai produktivitas kangkung lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini.

**Tabel 5.12 Perbandingan Skenario Produktivitas Kangkung**

Panen ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
16	254.0788	237.73809	254.60594
17	252.108	252.13354	252.67244
18	254.5316	236.66953	255.12555
19	264.4229	253.58398	265.06152
20	265.644	237.87115	266.32104
21	260.6712	251.26764	261.37947
22	260.1517	241.89684	260.88391

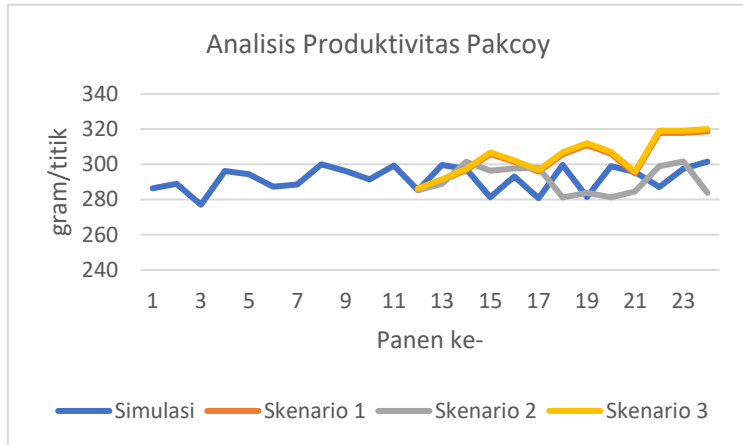
<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
23	259.9374	246.95766	260.69455
24	253.4996	240.7135	254.28613
25	259.9998	248.68666	260.82484
26	263.4788	251.95354	264.33574
27	267.2865	240.14039	268.1724
28	262.1828	246.96031	263.09559
29	258.8471	240.77869	259.78715
30	271.1656	242.39352	272.12615
<b>Rata-rata</b>	<b>260.5337</b>	<b>244.64967</b>	<b>261.29149</b>

Tabel 5.13 Rata-rata Produktivitas Kangkung

<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Produktivitas (gram/titik)</b>
1	Media Tanam	260
2	Paranet	244
3	Gabungan	261

Dapat dilihat dari hasil skenario pada Tabel 5.13 didapatkan rata-rata produktivitas kangkung paling tinggi yaitu skenario gabungan sebesar 261 gram/titik tanam. Rata-rata skenario gabungan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan skenario media tanam dan cukup jauh perbedaannya dibandingkan dengan skenario paranet. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa untuk produktivitas kangkung, skenario terbaiknya adalah skenario 3.

### 5.3.3. Analisis Produktivitas Pakcoy



**Gambar 5.23 Grafik Perbandingan Produktivitas Pakcoy**

Dari Gambar 5.23 dapat dilihat skenario produktivitas pakcoy yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya adalah skenario 3 yang hampir sama dengan produktivitas pakcoy skenario 1. Untuk melihat lebih detailnya nilai produktivitas pakcoy untuk setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

**Tabel 5.14 Perbandingan Skenario Produktivitas Pakcoy**

Panen ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
13	290.857	288.95727	291.55381
14	296.6777	301.51904	297.44686
15	305.8771	296.43811	306.68768
16	301.407	297.725	302.27371
17	295.8101	298.00844	296.72955
18	305.7333	281.20422	306.71693
19	310.9309	283.90523	311.96697
20	306.058	281.28236	307.15855

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
21	294.6797	284.50588	295.82678
22	317.8733	298.98807	319.07609
23	317.7852	301.64842	319.05139
24	318.7294	283.91799	320.04732
<b>Rata-rata</b>	<b>305.2016</b>	<b>291.50833</b>	<b>306.21130</b>

**Tabel 5.15 Rata-rata Produktivitas Pakcoy**

<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Produktivitas (gram/titik)</b>
1	Media Tanam	305
2	Paranet	291
3	Gabungan	306

Berdasarkan Tabel 5.15 dapat dilihat rata-rata produktivitas pakcoy yang paling besar adalah skenario gabungan, sedikit lebih besar dibandingkan skenari media tanam dan jauh lebih besar dibandingkan skenario paranet. Hal ini dapat terjadi dikarenakan untuk skenario gabungan merupakan campuran media tanam dan paranet. Untuk skenario paranet rata-rata produktivitas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi, karena penurunan produktivitas pakcoy berasal dari gangguan pakcoy yang pada kondisi nyata tidak terlalu sering terjadi. Efek yang dihasilkan pun tidak terlalu besar terhadap nilai produktivitas, makanya untuk rata-rata skenario 1 dan 3 nilainya tidak terlalu jauh berbeda. Walaupun demikian, untuk skenario yang paling optimal tetap yang rata-ratanya paling besar yaitu skenario 3.

#### 5.3.4. Analisis Hasil Panen Sayur

Hasil panen didapatkan dari perhitungan produktivitas lahan sayur dikalikan dengan luas lahan sayur yang ada. Berikut ini perbandingan hasil panen sayur untuk setiap skenario.

##### 5.3.4.1. Hasil Panen Samhong

**Tabel 5.16 Perbandingan Hasil Panen Samhong**

<b>Hasil Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
13	35155.79	34514.98	35242.32
14	35055.52	33686.72	35147.73
15	35026.35	34259.61	35126.98
16	34522.48	33788.93	34631.53
17	34473.31	34096.4	34588.73
18	35015.32	34461.41	35139.00
19	35253.35	33936.04	35384.56
20	34909.61	34852.02	35047.30
21	36545.29	34889.94	36689.73
22	36951.11	34505.58	37101.17
23	35931.34	33689.13	36086.84
24	35693.93	35551.97	35857.64
<b>Rata-rata</b>	<b>35377.78</b>	<b>34352.73</b>	<b>35503.63</b>



**Tabel 5.17 Rata-rata Hasil Panen Samhong**

<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Rata-rata Panen (Kg)</b>
1	Media Tanam	35.37
2	Paranet	34.35
3	Gabungan	35.50

Dari (Tabel 5.16 & Tabel 5.17) dapat dilihat rata-rata hasil panen samhong paling tinggi dihasilkan oleh skenario gabungan sebesar 35.53 Kg.

#### 5.3.4.2. Hasil Panen Kangkung

**Tabel 5.18 Perbandingan Hasil Panen KAngkung**

<b>Hasil Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
16	25407.88	23773.81	25460.59
17	25210.8	25213.35	25267.24
18	25453.16	23666.95	25512.55
19	26442.29	25358.4	26506.15
20	26564.4	23787.12	26632.1
21	26067.12	25126.76	26137.95
22	26015.17	24189.68	26088.39
23	25993.74	24695.77	26069.46
24	25349.96	24071.35	25428.61
25	25999.98	24868.67	26082.48
26	26347.88	25195.35	26433.57

<b>Hasil Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
27	26728.65	24014.04	26817.24
28	26218.28	24696.03	26309.56
29	25884.71	24077.87	25978.71
30	27116.56	24239.35	27212.62
<b>Rata-rata</b>	<b>26053.37</b>	<b>24464.97</b>	<b>26129.15</b>

Tabel 5.19 Rata-rata Hasil Panen Kangkung

<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Rata-rata Panen (Kg)</b>
1	Media Tanam	26.05
2	Paranet	24.46
3	Gabungan	26.12

Berdasarkan (Tabel 5.18 & Tabel 5.19) diatas rata-rata hasil panen kangkung paling tinggi dihasilkan oleh skenario gabungan sebesar 26.12 Kg.

#### 5.3.4.3. Hasil Panen Pakcoy

Tabel 5.20 Perbandingan Hasil Panen Pakcoy

<b>Hasil Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
13	29085.7	28895.73	29155.38
14	29667.77	30151.9	29744.69
15	30587.71	29643.81	30668.77
16	30140.7	29772.5	30227.37

<b>Hasil Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
17	29581.01	29800.84	29672.96
18	30573.33	28120.42	30671.69
19	31093.09	28390.52	31196.70
20	30605.8	28128.24	30715.86
21	29467.97	28450.59	29582.68
22	31787.33	29898.81	31907.61
23	31778.52	30164.84	31905.14
24	31872.94	28391.8	32004.73
Rata-rata	30520.16	29150.83	30621.13

**Tabel 5.21 Rata-rata Hasil Panen Pakcoy**

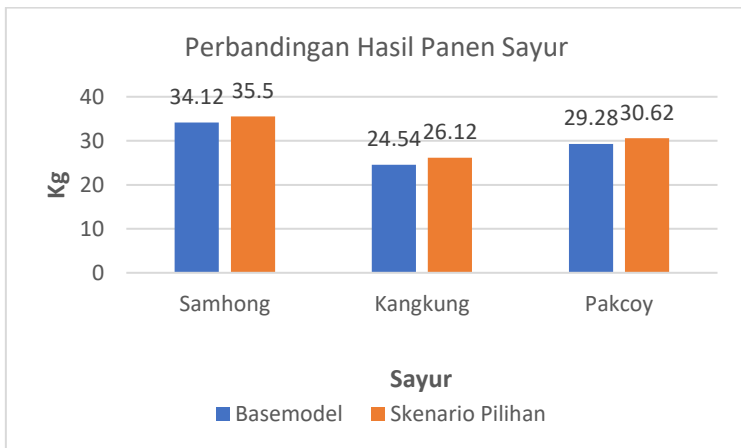
<b>No</b>	<b>Skenario</b>	<b>Rata-rata Panen (Kg)</b>
1	Media Tanam	30.52
2	Paranet	29.15
3	Gabungan	30.62

Dari (Tabel 5.20 & Tabel 5.21) diatas rata-rata hasil panen pakcoy paling besar dihasilkan oleh skenario gabungan dengan rata-rata sebesar 30.62 kg.

Perbandingan antara hasil panen sayur simulasi basemodel dengan skenario optimal yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Perbandingan Rata-rata Panen Sayur

<b>Simulasi</b> <b>Sayur</b>	<b>Basemodel</b>	<b>Skenario</b>	<b>Kenaikan</b>
Samhong	34.12 Kg	35.50 Kg	4.04%
Kangkung	24.54 Kg	26.12 Kg	6.43%
Pakcoy	29.28 Kg	30.62 Kg	4.57%



Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Hasil Panen Sayur

Dari (Tabel 5.22 & Gambar 5.24) rata-rata panen samhong pada model skenario yang dipilih sebesar 35.5 Kg naik sebesar 4.04% dari rata-rata basemodel. Untuk sayur kangkung rata-rata sebesar 26.12 Kg mengalami kenaikan sebesar 6.43% dan sedangkan untuk pakcoy rata-rata yang dihasilkan sebesar 30.62 Kg mengalami kenaikan sebesar 4.57%.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari keseluruhan proses penelitian yang telah dilakukan untuk memastikan hasil yang didapat telah dapat menjawab mulai rumusan masalah, tujuan penelitian, penggalan data, pembuatan model, pengembangan skenario. Dan juga tentunya terdapat saran yang bertujuan untuk pengembangan penelitian, karena masih terdapat kesalahan atau hal yang belum sesuai dengan semestinya untuk dapat diperbaiki pada penelitian kedepannya.

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian, berikut ini merupakan beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Pengembangan model bertujuan untuk dapat meningkatkan produktivitas sayuran dan tentunya akan dapat menaikkan hasil panen sayur. Produksi sayur ditentukan oleh dua faktor yaitu nilai produktivitas sayur dan nilai jumlah lahan yang ada.
2. Model yang digunakan telah dinyatakan valid, karena telah memenuhi persyaratan nilai error E1 (Means Comparison)  $\leq 5\%$  dan error untuk E2 (Amplitudo Variance Comparison)  $\leq 30\%$  untuk semua data yang dilakukan validasi. Sehingga model yang sudah dibuat dapat dijadikan referensi untuk menentukan kebijakan terkait pengembangan untuk peningkatan nilai produktivitas sayuran.
3. Skenario dibuat untuk dapat memberikan usulan dan rekomendasi untuk dapat mengoptimalkan sistem yang sudah. Skenario yang dibuat berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh pihak dibidang hidroponik dan juga berdasarkan usulan serta diskusi dari pihak hidronik tempat penelitian dilakukan. Skenario-skenario yang dikembangkan meliputi penerapan media tanam, paranet dan gabungan dari keduanya.

4. Berdasarkan hasil dari pengembangan beberapa skenario, didapatkan hasil bahwa skenario yang paling optimal untuk dapat meningkatkan produktivitas sayuran dan hasil panen sayur adalah skenario penerapan media tanam dan paranet secara bersamaan (skenario gabungan). Dengan skenario media tanam dapat meningkatkan pertumbuhan daun sayuran yang cukup signifikan dan dengan skenario paranet dapat mengurangi gangguan sayuran dari luar yang dapat menyerang tanaman. Untuk nilai rata-rata produktivitas masing-masing sayuran yaitu samhong 284.02 gram/titik, kangkung 261.29 gram/titik, pakcoy 306.21 gram/titik, serta untuk rata-rata hasil panen sayur yaitu samhong 35.5 Kg, kangkung 26.12 Kg dan pakcoy 30.62 Kg.
5. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai produktivitas sayuran diantaranya nutrisi, EC, pH, suhu, kualitas air, bibit dan ditambah media tanam yang pada skenario cukup memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan sayuran. Sedangkan untuk penurunan produktivitas disebabkan oleh gangguan tanaman berupa ulat, hama dan penyakit yang pada skenario dapat dikontrol dengan menggunakan paranet.

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengerjaan tugas akhir, saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan perbaikan penelitian kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, studi kasus yang dipilih bisa pada pertanian hidroponik yang sudah memiliki lahan yang cukup luas. Sehingga data yang dapat disimpulkan pada model lebih banyak dan lebih variatif, serta dokumentasi data secara tertulis sudah lengkap.
2. Pengembangan model bisa lebih mendetail pada penjabaran tiap variabel, karena penelitian masih belum dapat mencakup beberapa variabel secara mendetail. Salah satu

penyebabnya tidak ada dokumentasi data secara tertulis untuk variabel tersebut pada pihak pertanian hidronik.

3. Konsep dan model dari analisis peningkatan produktivitas sayuran hidroponik tentunya dapat diimplementasikan pada pertanian hidroponik lain, karena secara umum konsep dari budidaya tanaman hidroponik adalah sama.
4. Perlunya wawasan mengenai pendekatan model sistem dinamik dan konsep mengenai budidaya hidroponik secara lebih mendalam untuk dapat menghasilkan model yang lebih baik untuk dapat merepresentasikan permasalahan pada model sesuai dengan kondisi nyata.
5. Memilih dan menentukan studi kasus yang sesuai dengan model simulasi yang akan digunakan untuk dapat mempermudah dalam mengelola data dan juga pembuatan model konseptual yang sesuai dengan kondisi yang nyata.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. S. Roidah, PEMANFAATAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM HIDROPONIK, Available at: <http://www.jurnal-unita.org/index.php/bonorowo/article/view/14>, 2014.
- [2] N. S. Rini Rosliani, BUDIDAYA TANAMAN SAYURAN dengan SISTEM HIDROPONIK, Lembang: Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2005.
- [3] C. B. G. a. R. B. J. Harrell, Simulation Using Promodel, Singapore: McGraw-Hill, 2003.
- [4] P. Lingga, Hidroponik : bercocok tanam tanpa tanah, Cimanggis: Wisma Hijau, Revisi.
- [5] E. Priherdityo, Kaya Akan Sayur dan Buah, Indonesia Justru Kurang Gizi, Available at: <https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20170125123352-255-188829/kaya-akan-sayur-dan-buah-indonesia-justru-kurang-gizi>, 2017.
- [6] B. P. Statistik, Konsumsi Buah dan Sayur Susenas Maret 2016, BPS, 2017.
- [7] Dindagaze, Rangkuman Pemodelan Sistem, Available at: <http://dindagaze.student.telkomuniversity.ac.id/rangkuman-pemodelan-sistem>, 2015.
- [8] W. D. Kelton, Simulating with ARENA, Mc Graw Hill, Second Edition.
- [9] J. D. Sterman, Business Dynamics : System Thinking and Modelling for a Complex World, Jeffrey J. Shelsfud, 2000.
- [10] E. Suryani, Pemodelan & Simulasi, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.

- [11] E. S. Lilis Ernawati, Analisis Faktor Produktivitas Gula Nasional dan Pengaruhnya Terhadap Harga Gula Domestik dan Permintaan Gula Impor dengan Menggunakan Sistem Dinamik, Surabaya: JURNAL TEKNIK POMITS, 2013.
- [12] S. H. PITRIANA, EFISIENSI PRODUKSI SAYURAN DAUN, Bogor: Bogor Agricultural University, 2016.
- [13] Y. Barlas, "Multiple Test for Validation of Systems Dynamics Type of Simulation Model," *European Journal of Operational Research*, vol. 42, no. 1, pp. 59-87, 1989.
- [14] A. A. S. Sapto Wibowo, "Application of NFT Hydroponic on Cultivation of Pakcoy (*Brassica rapa chinensis*)," *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, vol. 13, no. 3, pp. 159-167, 2013.
- [15] H. Mas'ud, "SISTEM HIDROPONIK DENGAN NUTRISI DAN MEDIA TANAM BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL SELADA," *Media Litbang Sulteng*, vol. 2, no. 2, p. 131, 2009.
- [16] M. G. M. Polii, "Respon Produksi Tanaman Kangkung terhadap Variasi," *Soil Environment*, vol. 7, no. 1, pp. 18-22, 2009.
- [17] P. Moerhasrianto, RESPON PERTUMBUHAN TIGA MACAM SAYURAN PADA BERBAGAI KONSENTRASI NUTRISI LARUTAN HIDROPONIK, Jember: Unej, 2011.
- [18] B. P. L. S. Mareli Telaumbanua, "Design of Actuator of Micro Climate Control in Green House for Mustard (*Brassica var rapa. Parachinensis L.*)," *AGRITECH*, vol. 34, no. 2, pp. 213-222, 2014.

## LAMPIRAN

### Lampiran A - Data Hasil Simulasi Basemodel

Tabel 7.1 Produktivitas Sayur Simulasi

Panen ke-	Samhong	Kangkung	Pakcoy
1	261.5934	237.5931	286.4405
2	264.4188	234.1965	288.8624
3	275.6934	243.0140	277.0689
4	275.6715	236.1342	296.2235
5	271.9094	247.6388	294.4052
6	275.1281	241.3646	287.3541
7	264.1893	232.6572	288.4944
8	263.6703	243.8684	300.0521
9	271.3483	250.3554	296.2869
10	264.0481	232.8927	291.4944
11	281.6911	238.9689	299.2173
12	277.3718	233.8887	285.3192
13	-	239.1420	-
14	-	246.8628	-
15	-	235.1081	-

Tabel 7.2 Hasil Panen Sayur Simulasi

<b>Panen ke-</b>	<b>Samhong</b>	<b>Kangkung</b>	<b>Pakcoy</b>
1	32699.17	23759.31	28644.05
2	33052.36	23419.65	28886.24
3	34461.68	24301.40	27706.89
4	34458.93	23613.42	29622.35
5	33988.68	24763.88	29440.52
6	34391.02	24136.46	28735.41
7	33023.66	23265.72	28849.44
8	32958.78	24386.84	30005.21
9	33918.54	25035.54	29628.69
10	33006.02	23289.27	29149.44
11	35211.39	23896.89	29921.73
12	34671.48	23388.87	28531.92
13	-	23914.20	-
14	-	24686.28	-
15	-	23510.81	-

## Lampiran B - Data Hasil Simulasi Skenario

Tabel 7.3 Produktivitas Samhong Skenario

Panen ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
13	281.2463	276.11984	281.93859
14	280.4441	269.49375	281.18184
15	280.2108	274.07691	281.01584
16	276.1798	270.31141	277.05225
17	275.7865	272.77119	276.70984
18	280.1226	275.69125	281.11200
19	282.0268	271.48831	283.07647
20	279.2769	278.81613	280.37841
21	292.3623	279.11950	293.51788
22	295.6088	276.04466	296.80934
23	287.4507	269.51303	288.69469
24	285.5515	284.41578	286.86109

Tabel 7.4 Produktivitas Kangkung Skenario

Panen ke-	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
15	254.0788	237.73809	254.60594
16	252.1080	252.13354	252.67244
17	254.5316	236.66953	255.12555
18	264.4229	253.58398	265.06152
19	265.6440	237.87115	266.32104

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
20	260.6712	251.26764	261.37947
21	260.1517	241.89684	260.88391
22	259.9374	246.95766	260.69455
23	253.4996	240.71350	254.28613
24	259.9998	248.68666	260.82484
25	263.4788	251.95354	264.33574
26	267.2865	240.14039	268.17240
27	262.1828	246.96031	263.09559
28	258.8471	240.77869	259.78715
29	271.1656	242.39352	272.12615
30	254.0788	237.73809	254.60594

Tabel 7.5 Produktivitas Pakcoy Skenario

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
13	290.8570	288.95727	291.55381
14	296.6777	301.51904	297.44686
15	305.8771	296.43811	306.68768
16	301.4070	297.72500	302.27371
17	295.8101	298.00844	296.72955
18	305.7333	281.20422	306.71693
19	310.9309	283.90523	311.96697

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
20	306.0580	281.28236	307.15855
21	294.6797	284.50588	295.82678
22	317.8733	298.98807	319.07609
23	317.7852	301.64842	319.05139
24	318.7294	283.91799	320.04732

Tabel 7.6 Hasil Panen Samhong Skenario

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
13	35155.79	34514.98	35242.32
14	35055.52	33686.72	35147.73
15	35026.35	34259.61	35126.98
16	34522.48	33788.93	34631.53
17	34473.31	34096.40	34588.73
18	35015.32	34461.41	35139.00
19	35253.35	33936.04	35384.56
20	34909.61	34852.02	35047.3
21	36545.29	34889.94	36689.73
22	36951.11	34505.58	37101.17
23	35931.34	33689.13	36086.84
24	35693.93	35551.97	35857.64



**Tabel 7.7 Hasil Panen Kangkung Skenario**

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
15	25407.88	23773.81	25460.59
16	25210.80	25213.35	25267.24
17	25453.16	23666.95	25512.55
18	26442.29	25358.40	26506.15
19	26564.40	23787.12	26632.10
20	26067.12	25126.76	26137.95
21	26015.17	24189.68	26088.39
22	25993.74	24695.77	26069.46
23	25349.96	24071.35	25428.61
24	25999.98	24868.67	26082.48
25	26347.88	25195.35	26433.57
26	26728.65	24014.04	26817.24
27	26218.28	24696.03	26309.56
28	25884.71	24077.87	25978.71
29	27116.56	24239.35	27212.62
30	25407.88	23773.81	25460.59

**Tabel 7.8 Hasil Panen Pakcoy Skenario**

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
13	29085.70	28895.73	29155.38
14	29667.77	30151.90	29744.69

<b>Panen ke-</b>	<b>Skenario 1</b>	<b>Skenario 2</b>	<b>Skenario 3</b>
15	30587.71	29643.81	30668.77
16	30140.7	29772.50	30227.37
17	29581.01	29800.84	29672.96
18	30573.33	28120.42	30671.69
19	31093.09	28390.52	31196.70
20	30605.80	28128.24	30715.86
21	29467.97	28450.59	29582.68
22	31787.33	29898.81	31907.61
23	31778.52	30164.84	31905.14
24	31872.94	28391.80	32004.73

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Masdendi Wirata, dengan nama panggilan Dendi. Penulis dilahirkan di Sibiruang pada tanggal 27 Oktober 1995. Penulis telah menempuh jenjang Pendidikan formal di SDN 022 Sibirunag, SMPN 4 Tambang, SMAN Plus Riau, dan jenjang perguruan tinggi pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Departemen Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi pada tahun 2014 yang terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 5214100159. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif pada organisasi kemahasiswaan seperti pada organisasi kerohanian kampus yaitu Lembaga Dakwah Jurusan Kajian Islam Sistem Informasi (LDJ KISI) sebagai staff pada periode 2015-2016. Penulis juga aktif pada kegiatan kepanitian baik pada lingkup departemen, fakultas maupun institute seperti pada kepanitiaan Information System Expo (ISE) sebagai Sie Dokumentasi. Penulis melaksanakan kerja praktik selama 2 bulan di PT. Kereta Api Indonesia (KAI) pada departemen ERP untuk belajar dan memahami kehidupan didunia kerja. Penulis dapat dihubungi melalui email [wirata14@mhs.is.its.ac.id](mailto:wirata14@mhs.is.its.ac.id) dan akun lain melalui @dwirata.